

Aus dem Institut für Tierernährung  
der Justus Liebig-Universität Gießen  
Direktor: Professor Dr. H. Brune

---

Physiologische Untersuchungen zum heterolipiden  
Reaktionsvermögen und zur Fettoleranz  
von Broilern

Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der Landwirtschaftlichen Fakultät  
der Justus Liebig-Universität Gießen

eingereicht von  
Winfried Drochner  
geb. in Königsberg / Ostpreußen

Gießen 1970



Digitized by the Internet Archive  
in 2026



Aus dem Institut für Tierernährung  
der Justus Liebig-Universität Gießen  
Direktor: Professor Dr. H. Brune

---

Physiologische Untersuchungen zum heterolipiden  
Reaktionsvermögen und zur Fettoleranz  
von Broilern

D i s s e r t a t i o n

zur Erlangung des Doktorgrades  
der Landwirtschaftlichen Fakultät  
der Justus Liebig-Universität Gießen

eingereicht von  
Winfried Drochner  
geb. in Königsberg / Ostpreußen

Gießen 1970

Dekan : Prof. Dr. F. Großmann

1. Berichterstatter: Prof. Dr. H. Brune

2. Berichterstatter: Prof. Dr. H. Linser

Tag der mündlichen Prüfung: 19.3.1970



## Inhaltsverzeichnis

|                                                                                                                                               | Seite |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 1. Fragestellung                                                                                                                              | 1     |
| 2. Allgemeine Literaturübersicht                                                                                                              | 3     |
| 2.1 Vorbemerkungen                                                                                                                            | 3     |
| 2.2 Biochemie des Fettstoffwechsels                                                                                                           | 3     |
| 2.2.1 Das Mitochondriensystem                                                                                                                 | 3     |
| 2.2.2 Das Mikrosomensystem                                                                                                                    | 4     |
| 2.2.3 Das Cytoplasmatische System (partikelfrei)                                                                                              | 5     |
| 2.2.4 Noch nicht sicher zu lokalisierende Reaktionen des Fettsäurestoffwechsels                                                               | 7     |
| 2.3 Essentielle Fettsäuren                                                                                                                    | 8     |
| 2.3.1 Ernährungsphysiologische Fragen                                                                                                         | 8     |
| 2.3.2 Möglichkeiten zur Bestimmung eines Mangels an essentiellen Fettsäuren                                                                   | 12    |
| 2.3.3 Wechselwirkungen zwischen der Linolsäure und anderen Fettsäuren                                                                         | 14    |
| 2.4 Stellungsisomere Fettsäuren                                                                                                               | 15    |
| 2.5 Die Fettresorption mit besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse beim Küken                                                            | 16    |
| 2.5.1 Lokalisierungsmöglichkeit                                                                                                               | 16    |
| 2.5.2 Der Mechanismus der Fettsäureresorption                                                                                                 | 17    |
| 2.5.3 Faktoren, die die Resorbierbarkeit von Fetten beeinflussen                                                                              | 18    |
| 2.6 Qualitative und quantitative Aspekte des Fettsäurestoffwechsels mit besonderer Berücksichtigung des Geflügels                             | 21    |
| 2.6.1 Beeinflussung des Plasmas und Lymphfettes                                                                                               | 21    |
| 2.6.2 Die Beeinflussung des interstitiellen Fettgewebes der Muskulatur und des Depotfettes durch Fütterung.                                   | 23    |
| 2.6.3 Die Beeinflussung des Leberfettes                                                                                                       | 26    |
| 2.6.4 Die Beeinflussung der Lipide                                                                                                            | 28    |
| 2.7 Zusammenhänge zwischen Fettstoffwechsel und Zunahme, Körpergewicht, Futterverwertung Größe der Organe und deren allometrische Beziehungen | 28    |

|                                                                                         | Seite |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 3. Eigene Untersuchungen                                                                | 30    |
| 3.1 Versuchsübersicht                                                                   | 30    |
| 3.2 Tiermaterial                                                                        | 30    |
| 3.3 Umweltbedingungen, Stoffwechselvorrichtung                                          | 30    |
| 3.4 Fütterung                                                                           | 32    |
| 3.5 Technische Vorbereitung der Proben zur Untersuchung                                 | 38    |
| 3.5.1 Zerlegung der Schlachtkörper                                                      | 38    |
| 3.5.2 Aufbewahrung der Proben und Vorbereitung                                          | 41    |
| 3.6 Chemische Methoden                                                                  | 41    |
| 3.6.1 Fleischextraktion                                                                 | 41    |
| 3.6.2 Futter- und Kotextraktion                                                         | 44    |
| 3.6.3 Veresterungsmethoden                                                              | 48    |
| 3.6.4 Gaschromatographische Analysen                                                    | 49    |
| 3.6.5 Die statistische Auswertung der Versuche                                          | 51    |
| 4. Ergebnisse und Diskussion                                                            | 55    |
| 4.1 Wachstumsverlauf, Zunahme, Futterverwertung                                         | 55    |
| 4.1.1 Wachstumsverlauf                                                                  | 55    |
| 4.1.2 Futterverwertung                                                                  | 57    |
| 4.2 Verdaulichkeitsfragen                                                               | 58    |
| 4.2.1 TS-Verdaulichkeit                                                                 | 58    |
| 4.2.2 Fettverdaulichkeit                                                                | 60    |
| 4.2.3 Scheinbare Verdaulichkeit einzelner Fettsäuren                                    | 63    |
| 4.3 Schlachtkörper                                                                      | 69    |
| 4.3.1 Ausschachtung, prozentuales Lebergewicht, Organgewicht, allometrische Beziehungen | 69    |
| 4.3.2 Fett- und TS-Gehalt der Schlachtkörperfraktionen                                  | 71    |
| 4.4 Gaschromatographische Untersuchungen des Körperfettes                               | 72    |
| 4.4.1 Fettsäurezusammensetzung der Körperfraktionen in Übersichten                      | 72    |
| 4.4.2 Die qualitative Zusammensetzung des Depotfettes                                   | 73    |

|                                                                                   | Seite |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 4.4.3 Die qualitative Zusammensetzung des Schlachtkörperfettes                    | 82    |
| 4.4.4 Die qualitative Zusammensetzung der Muskelfette                             | 85    |
| 4.4.5 Die qualitative Zusammensetzung der Leberlipide                             | 88    |
| 4.5 Erörterung einer Teilbilanzierung                                             | 91    |
| 4.6 Gleichsinnige, gekoppelte, unabhängige Veränderungen der einzelnen Fettsäuren | 91    |
| 4.7 Erörterung einer optimalen Fettzusammensetzung                                | 94    |
| 5. Zusammenfassung                                                                | 96    |
| 6. Literaturverzeichnis                                                           | 98    |
| 7. Tabellenanhang                                                                 | 106   |

-----

## 1. Fragestellung

Die Änderung der Verzehrsgewohnheiten der Bevölkerung, insbesondere Westeuropas und in den USA, brachte einen zunehmenden Anfall an Schlachtfetten mit sich, der heute größtenteils nicht mehr ökonomisch verwertet werden kann.

Die Broilerproduktion bietet sich in dieser Hinsicht als eine Möglichkeit der Fettverwertung an. Über hohe Fettgaben gibt es allerdings nur wenige Untersuchungen, die zum Teil älteren Datums sind und im wesentlichen nur Zuwachs und Futterverwertung berücksichtigen; spezifisch physiologische Daten über die Fetttoleranz fehlen bisher völlig. Da die Broilerproduktion noch ausweitungsfähig ist, das gilt insbesondere für den EWG-Raum, - die Bundesrepublik etwa deckte in den letzten Jahren 54 % ihres Bedarfes an Geflügelfleisch durch Einführen - , erscheint eine intensive Sammlung und Erarbeitung von Daten über das Reaktionsvermögen des Mastgeflügels auf hohe Fettgaben als sehr lohnend und praxisbezogen. Dies war eine Grundüberlegung, die zu Beginn dieser Arbeit stand, zumal einige wenige amerikanische Untersuchungen auf eine sehr hohe Fettverträglichkeit des Geflügels hinweisen. So kommen ISAACKS u. Mitarbeiter (1960) in Versuchen mit hohen Gaben Sojaöl zu optimalen Verwertungen von 1 : 1,16 bei 20 % Fett in der Ration, allerdings ist nur der Wachstumsabschnitt bis zu 4 Wochen berücksichtigt.

DONALDSON u. Mitarbeiter (1962) untersuchten die Frage der Fetttoleranz beim Küken in einer Versuchsreihe über mehrere Jahre. Sie fanden, daß Küken, besonders Broiler, geradezu ideale Fettverwerter sind. In einer Veröffentlichung (1962) setzten sie die oberste Grenze der Fettverträglichkeit mit 34 % an. Aufgrund dieser bekannten Daten aus der Literatur ergab sich für die vorliegende Arbeit folgender Fragenkomplex:

1. Inwieweit wird der Fettstoffwechsel, insbesondere die Fettverdaulichkeit durch hohe Fettgaben an Mastgeflügel beeinflusst ?

Wie werten sich in dieser Hinsicht Fette sehr unterschiedlicher Zusammensetzung aus ?

2. Wie reagieren Broiler auf eine Unterversorgung mit Fett ?
3. Besteht eine Möglichkeit, durch Zugabe industrieller oberflächenaktiver Stoffe die Fettverdaulichkeit und den endogenen Fettstoffwechsel zu beeinflussen?

## 2. Allgemeine Literaturübersicht

### 2.1 Vorbemerkungen

Der molekulare Mechanismus des Fettstoffwechsels in seiner Vieltätigkeit und Differenziertheit ist bis heute nur in einigen wichtigen Aspekten geklärt. Aus diesem Grunde ist eine kurze Darstellung des heutigen Standes des Wissens über die molekularbiologischen und physiologischen Stoffwechselvorgänge auf dem Fettgebiet der Literaturübersicht vorangestellt. Eine gute Übersicht gibt auch MOHME (1969).

### 2.2 Biochemie des Fettstoffwechsels

#### 2.2.1 Das Mitochondriensystem

Die Enzymsysteme dieser Zellbestandteile wurden vornehmlich von HARLAN und WAKIL (1963) studiert. Sie fanden in der Mitochondrienfraktion von Rattenlebern eine Kettenverlängerung von langkettigen Fettsäuren, ebenso aber auch oxydative Vorgänge, die der  $\beta$ -Oxydation entsprechen. Die Kettenverlängerungsreaktion wurde von NUTGEREN (1965) nachgeprüft und bestätigt, ein Vergleich mit der Verlängerungsaktivität der Mikrosomenfraktionen zeigte, daß diese um ein Vielfaches größer ist. STOPPEL (1960) zeigt, daß die Kettenverlängerung langkettiger Fettsäuren in Mitochondrienfraktionen lediglich eine Rückreaktion der  $\beta$ -Oxydation ist. NUTGEREN (1965) äußert eine ähnliche Ansicht.

Die eigentliche  $\beta$ -Oxydation, von KNOOP (1904) mit relativ einfachen Mitteln nachgewiesen, kann wohl als der wichtigste Abbauweg der Fettsäuren bezeichnet werden. Ob daneben andere Abbauwege bestehen, kann nicht ganz ausgeschlossen werden, jedenfalls bestätigten schon 1937 Versuche mit markierter Stearinsäure die Hypothese von KNOOP - SCHÖNHEIMER und RITTENBERG stellten damals schon fast vollständig das heute gültige und anerkannte Reaktionsschema auf.

Zu der Erarbeitung der heutigen Kenntnisse über die  $\beta$ -Oxydation haben vornehmlich LYNNEN u. Mitarbeiter (1952), LIPMANN u. Mitarbeiter (1953) und GREEN (1954) beigetragen.

Das Grundprinzip der Reaktionskette verläuft folgendermaßen:

Aktivierung der Fettsäure zu Acetyl-CoA-Fettsäureester. Zu dieser Reaktion wird energiereiches Phosphat benötigt. Danach wird über Dehydrogenierung, Hydratisierung, erneute Dehydrogenierung und thioklastische Spaltung ein  $C_2$ -Fragment abgetrennt.

STOFFEL (1966) weist in diesem Reaktionsschema beim Abbau von mono- und poly-ungesättigten Fettsäuren Enoyl-CoA-Ester in  $\beta$ ,  $\gamma$  und  $\delta$ ,  $\beta$ -cis-Form als Zwischenprodukte nach. Über Epimerisierung zu  $\beta$ -Hydroxy-Estern der aktivierten Essigsäure mündet der Vorgang wieder in die normale  $\beta$ -Oxydation ein.

### 2.2.2 Das Mikrosomensystem

Eine eindeutige Trennung der cytoplasmatischen und der mikrosomalen Vorgänge ist bei dem heutigen Wissensstand nur unter gewissen Einschränkungen vorzunehmen, die durch analytische Schwierigkeiten gegeben sind.

Sicher ist die Verlängerungsreaktion der Fettsäuren, wie in einer großen Anzahl von analytischen Arbeiten auf dem Fettgebiet festgestellt wurde, vornehmlich auf die Mikrosomenfraktion beschränkt. Jedenfalls bestätigen dies van DORP u. Mitarb. (1969) ebenso wie schon (1956) RUTGEREN. Da angenommen werden kann, daß bei normaler Fettversorgung des Organismus die hauptsächlichsten Reaktionen Verlängerungs- oder Verkürzungsreaktionen sind, muß den Mikrosomen in dem Fettsäurestoffwechsel eine wesentliche Bedeutung beigemessen werden. Schon ANKER (1952) weist nach, daß die Kettenverlängerungs- bzw. Verkürzungsreaktion die sogenannte "Normalreaktion" einer Fettsäure ist.

Der Abbau einer Fettsäure zu Acetyl- und Malonylresten und darauffolgender Aufbau dürfte quantitativ die weit unbedeutendere Rolle spielen.

Ebenso zeigen NISSAR (1965), MOLNAR (1968) und KOHNE (1969) bei verschiedenen Tierarten die Verlängerungstendenz mittel- und langkettiger Fettsäuren.

STOFFEL u. Mitarb. (1964) sowie STOFFEL (1966) versuchen, die Aussagen über die chemischen Vorgänge der Kettenverlängerung zu präzisieren. Sie postulieren ein Mikrosomenenzymssystem, das für alle Fettsäuren, gleich welcher Struktur, mit über 14 C-Atomen gilt. Das Enzymssystem selbst scheint strukturgebunden zu sein, wobei eine Lipoprotein-Struktur eine wesentliche Rolle spielt. Schematisch erfolgt die Verlängerung dann folgendermaßen:

1. Aktivierung zu Fettsäure - CoA-Ester;
2. Addition von Malonyl-CoA;
3. unter Mitwirkung von NADPH wird Wasserstoff angelagert;
4.  $\text{Co}_2$  und Wasser werden abgespalten.

NUTGEREN (1965) fordert einen etwas anderen Syntheseweg, kommt aber stöchiometrisch zu den gleichen Ergebnissen wie STOFFEL. Die Ausbeute an verlängerten Fettsäuren nimmt mit steigender C-Zahl bei den gesättigten Fettsäuren ab. So ist die Tendenz der Stearinsäure zu \*) C 20 : 0 nur gering, ebenso die der Ölsäure zu \*) C 20 : 1, im Gegensatz dazu kann die Verlängerungstendenz der Linolensäure zu C 20 : 3 als hoch bezeichnet werden, gleiches gilt für Arachidonsäure zu C 20 : 6.

### 2.2.3 Das System des partikelfreien Cytoplasmas

Das Cytoplasma darf heute als Ort der "de-novo"-Synthese von Fettsäuren angesehen werden. Auf diese Tatsache weisen vornehmlich die grundlegenden Arbeiten von GIBSON u. Mitarb. (1957), WAKIL u. Mitarb. (1958) sowie GIBSON, WAKIL u. TITCHENER (1958) hin. WAKIL (1958) zeigt, daß zwei verschiedene Enzymssysteme, die die "de-novo"-Synthese kontrollieren:

---

\*) C 20 : 0 = Fettsäure mit 20 C-Atomen und ohne Doppelbindung.  
C 20 : 1 = Fettsäure mit 20 C-Atomen und 1 Doppelbindung.

1. Verlängerung des Acetyl-CoA zu Malonyl-CoA, wobei zu dieser Reaktion Biotin essentiell benötigt wird.
2. Kondensation von Malonyl-CoA, Dehydrogenierung unter NADPH-Beteiligung sowie  $\text{CO}_2$ -Abspaltung durch ein noch nicht näher determiniertes Fermentsystem.

Als Katalysator wird zusätzlich Mangan in zweiwertiger Form aufgeführt, die Reaktion des Mediums wird als obligat schwach sauer angegeben.

In einer weiteren Veröffentlichung aus dem Jahre 1958 geben WAKIL u. Mitarb. die einfache und direkte Synthese aus Acetyl-CoA zu langkettigen Fettsäuren als zweite Möglichkeit an. Die Katalysatoren und CO-Faktoren sind zweiwertiges Mangan und  $\text{HCO}_3^-$ .

BRESSLER und WAKIL (1962) ergänzen die Kenntnisse über diese Reaktionsfolge. Sie zeigen, daß die Decarboxilierung als thio-klastische Spaltung aufgefaßt werden kann, daß somit die "de-novo"-Synthese weitgehend mit derselben Enzymkette vonstatten geht wie die  $\beta$ -Oxydation. EBERHAGEN u. Mitarb. (1968) unterstreichen, daß die "de-novo"-Synthese nicht an cytoplasmatische Partikel gebunden ist. Sie bestätigten den oben dargestellten Reaktionsmechanismus an Hühnerleberhomogenaten, die partikelfrei durch Ultrazentrifugation gewonnen wurden.

Die Auseinandersetzung über die Endstufe der "de-novo"-Synthese darf wohl als abgeschlossen angesehen werden, obwohl Stearinsäure und Palmitinsäure als Endprodukte bezeichnet werden.

PORTER u. Mitarb. (1957), WAKIL u. Mitarb. (1959), LYNNEN u. Mitarb. (1964) zeigen, daß für die ablaufende Reaktion der Status-praesens des Reaktionsmediums von Bedeutung ist. Nach den Untersuchungen von LYNNEN (1964) ist hier vor allem das Mengenverhältnis von Malonyl-CoA zu Acetyl-CoA bedeutsam, welche Synthesenendstufe gebildet wird.

Da man die "in vitro"-Versuche nicht vollständig auf die "in vivo"-Verhältnisse übertragen können, muß man diesen Angaben sicherlich einige Skepsis entgegenbringen.

Von ALBERTS (1965) werden einige Angaben über das Enzymsystem zur Fettsäuresynthese gemacht. Sie sind natürlich noch unvollständig und stehen teils im Widerspruch zu Angaben von SCHWEITZER u. Mitarb. (1966). Aus diesem Grunde wird auf eine nähere Darstellung an dieser Stelle verzichtet.

#### 2.2.4 Noch nicht sicher zu lokalisierende Reaktionen des Fettsäurestoffwechsels

Eine Reihe von Untersuchungen LANG (1939), HANDWERK u. Mitarb. (1959), ELOVSON (1965), MOLNAR (1968), MOHLE (1969) die u.a. auch die Dehydrogenierung gesättigter Fettsäuren berücksichtigten, sind an Gesamt-Lipid-Extrakten vorgenommen worden, so daß eine genaue Lokalisation nicht möglich ist. Da aber Dehydrogenierungen sowohl im Mikrosomen, - als auch im Mitochondrien - und cytoplasmatischen System vorgenommen werden, könnten derartige Reaktionen an sich auf die drei Reaktionsorte verteilt sein. Der Verlauf der Dehydrogenierung dürfte aber in den einzelnen Zellfraktionen gewisse Unterschiede aufweisen.

BLOOMFIELD u. Mitarb. (1960) zeigen an Mikrosomen aus *Sach. myces* daß die Dehydrogenierung von Palmitinsäure in drei Stufen abläuft und dabei ein wesentlicher Energieverbrauch nicht auftritt.

1. Die Fettsäure wird über Anlagerung von COA aktiviert.
2. Palmityl-COA wird unter Verbrauch von O<sub>2</sub> oxydiert zu Oxypalmityl-COA.
3. Oxypalmityl-COA wird in Palmitoleyl-COA überführt.

Der letzte Schritt ist noch am unvollständigsten aufgeklärt. Die Überführung von Palmitoleyl-COA in Palmitoleinsäure ist wahrscheinlich von einer Deacylase katalysiert, nach BRESSLER u. Mitarb. (1962).

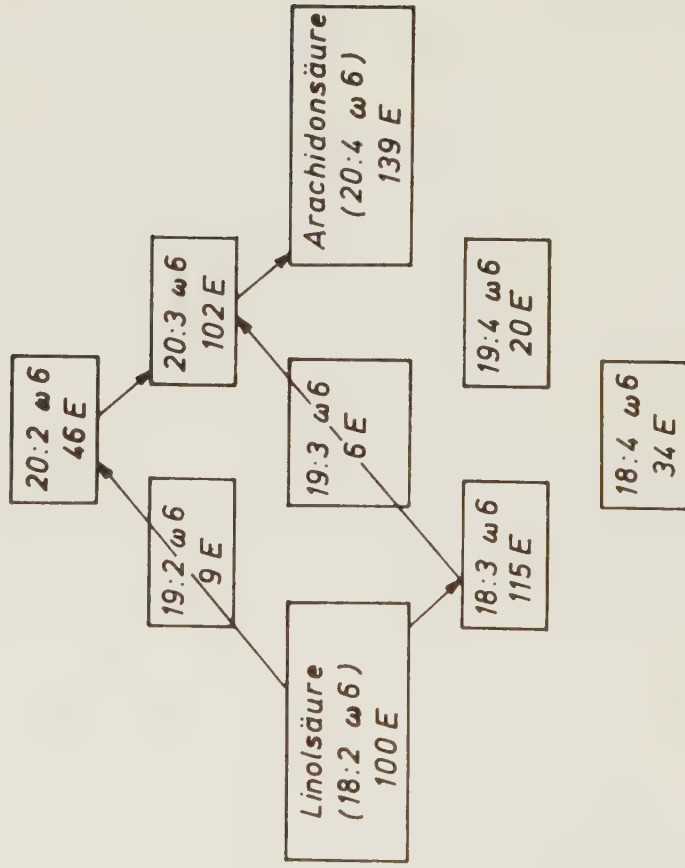
## 2.3 Essentielle Fettsäuren

### 2.3.1 Ernährungsphysiologische Fragen

Für den Ernährungsphysiologen, aber auch für den Mediziner ist die Frage der Essentiellität einer Fettsäure von großer Bedeutung. Wenn auch die Vorbedingung der essentiellen Wirkung, nämlich die \*) $\omega$ -6-Stellung der Doppelbindung, nicht ohne weiteres einsichtsvoll aber immerhin anerkannt ist, bleibt die Frage nach der Ursache des Unvermögens zur Eigensynthese im tierischen Organismus noch ungeklärt. Zwei Arbeiten von STOPPEL u. Mitarb. (1966) und STOPPEL (1966) bringen ein wenig Licht in die hier aufgezeigten Fragen. Nach den Autoren wird die Dehydrogenierung polyungesättigter Fettsäuren tierischer Zellen von den schon vorhandenen Doppelbindungen im Molekül bestimmt. Eine Doppelbindung wird demnach nur in das Carboxylende eingeführt. Eine Doppelbindung vor dem 9. C-Atom kann also, wenn man von einer C-18-Fettsäure ausgeht nicht nachträglich in die Fettsäure eingeführt werden. Warum die Doppelbindung vom Methylende aus nicht nachträglich eingeführt werden kann, ist nicht ersichtlich. Welches Enzymsystem dazu befähigt, Doppelbindungen in  $\omega$ -6-Stellung in eine Fettsäure einzuführen, muß zunächst ebenso als ungeklärt gelten.

---

\*)  $\omega$ -6 = Doppelbindung am 6. C-Atom vom Methylende ausgerechnet.



Mögliche Wege der Umsetzung von Linolsäure in Arachidonsäure im Organismus und die EFA-Aktivitäten (abgekürzt mit E) der  $C_{18}$ ,  $C_{19}$ - und  $C_{20}$ -Trien- und Tetraensäuren ( $\omega 6$ ).  
nach D.A. van Dorp 1969 und Thomasson 1962.

Abbildung Nr. 1 ist unabhängig voneinander von STOFFEL (1966) und UGURKAN (1963) und (1965) entwickelt worden. Die Versuche der Autoren erfolgten *in vitro* aber LEAD (1960) und KLECK u. Mitarb. (1960) haben den Weg der markierten Linolsäure zur Arachidonsäure *in vivo* studiert.

Die Erkenntnisse der zitierten Autoren ergänzen sich zu einem Mosaik, das schon einige weitere Schlüsse auf die Ursache der essentiellen Wirkung der Polyensäuren mit  $\omega$ -6-Stellung zu ziehen erlaubt.

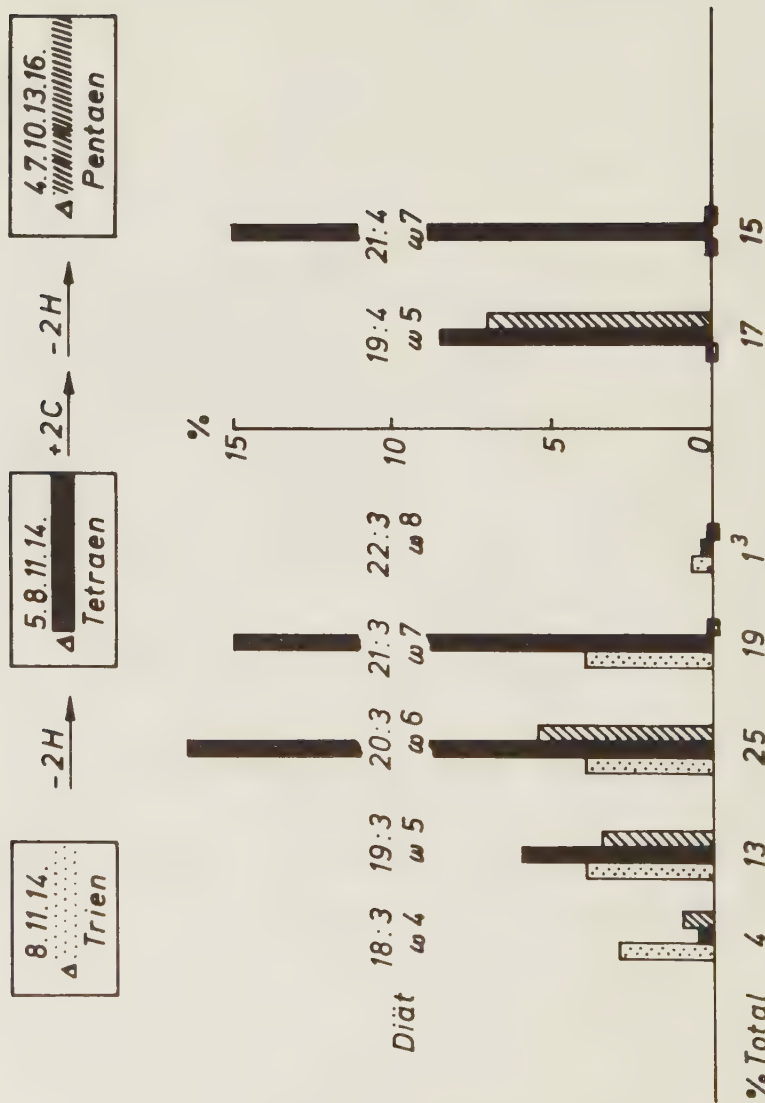
In dieser Hinsicht hat sich D.A. van DORP (1969) mit dem derzeitigen Wissensstand über den Metabolismus den  $\omega$ -6 Polyensäuren in all-cis Konfiguration beschäftigt. Die  $\Delta$  F A-Aktivitäten, die auf Seite 9 in Abb. 1 angegeben sind, wurden von van DORP mit dem von THOMASSEN entwickelten modifizierten Wasseraufnahme - Test aufgestellt. Möglicherweise wird mit diesem Verfahren nur ein bedeutender Teilaspekt der  $\Delta$  F A-Aktivität berücksichtigt. Zumindest erscheinen Modifizierungen der Verhältnisse der einzelnen Aktivitäten möglich. Deutlicher fallen die Fettsäuren mit ungeradzahligen Kettenlängen in der Aktivität ab. Der Weg von  $16:2\omega 6$  zu  $\gamma$ -Linolensäure und  $20:3\omega 6$  ist deutlich zu verfolgen.

HÖLGERSEN (1951) weist auf den u-förmigen Bau der Arachidonsäure hin. Er stellt die räumliche Struktur dieser Säure als mögliche Ursache der \*)  $\Delta$  F A-Aktivität zur Diskussion. Diese Grundidee wird (1969) von D.A. van DORP wieder aufgenommen. Im Zusammenhang mit den Prostaglandinen und der Synthesemöglichkeit dieser biologisch aktiven Stoffe, gelingt es ihm, die Struktur der  $\omega$ -6-Polyensäuren mit der Umsetzungsmöglichkeit in Einklang zu bringen. Die  $\Delta$  F A-Aktivität steht damit in enger Beziehung zur Umsetzungsgeschwindigkeit.

---

\*)  $\Delta$  F A = essential fatty acid

Abb. 2



Aufnahme von Diät-Fettsäuren in Lipide von Lebermitochondrien  
nach D.A. van Dorp 1969

Figur 2 auf Seite 11 ist ebenfalls von D.A. van DORP (1969) entwickelt worden. Er zeigt darin die Fettsäurezusammensetzung der Lebermitochondrien von Ratten, die 4 Wochen lang mit verschiedenen Fettsäuren gefüttert wurden. Zwischen 20:3  $\omega$  6 und 21:3  $\omega$  7 zeigt sich nur ein geringer Unterschied in der Dehydrogenierungstendenz zu  $\Delta$  5.8.11. 14-Tetraensäuren. Die biologische Aktivität der aus diesen Fettsäuren gebildeten Prostaglandine aber ist ungefähr gleich.

Da Fettsäuren mit  $\omega$ -7-Stellung physiologisch kaum auftreten, dürfte diese Erkenntnis nur von theoretischem Interesse sein, zumindest darf festgehalten werden, daß die  $\omega$ -6-Stellung für die Umwandlung im Fettsäure-Prostaglandinesystem nicht obligat ist. Andere Ursachen für die essentielle Wirksamkeit von Fettsäuren sind bis zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht bekannt. Immerhin deutet R.T. HOLMAN schon (1953) an, daß eine multiple Funktion der essentiellen Fettsäuren, wie sie manchen Vitaminen zukommt, durchaus möglich ist.

Daß auch den  $\Delta$  5.8.11  $\omega$  9-Fettsäuren eine gewisse E F A-Aktivität beigemessen werden kann, deutet THOMAS JON (1962) an. Er weist darauf hin, daß diese E F A-Aktivität erhöht wird durch Einführung einer Doppelbindung in 12.13-Stellung, wenn es sich um eine Diensäure handelt, die zusätzlich dehydrogeniert wird. Dagegen wird die Aktivität herabgesetzt, wenn die Doppelbindung in 3.4-Stellung eingeführt wird.

### 2.3.2 Möglichkeiten zur Bestimmung eines Mangels an essentiellen Fettsäuren

Zu den Möglichkeiten der Bestimmung eines Mangels an essentiellen Fettsäuren muß auch das Verfahren von R.T. HOLMAN (1960) angeführt werden. Er benutzt das Verhältnis von dreifach ungesättigten zu vierfach ungesättigten Fettsäuren im Gewebe als ein Maß, um den Bedarf an exogenen Fettsäuren abzuschätzen.

Die Grundüberlegung, die diesen Gedankengang bestimmt, wird von HOLMAN und EFFER (1959) schon dargelegt. Sie stellten durch Untersuchungen über die kalorische Ausnutzung von Fetten fest, daß der Bedarf an essentiellen Fettsäuren bestimmt ist durch

das Verhältnis von einfach ungesättigten zu gesättigten Fettsäuren in der Ration. Zudem wurde obig gezeigt, daß die Triensäuren mit \*)  $\Delta 8.11.14\omega 6$ -Konfiguration eine hohe Umwandlungsrate zu Arachidonsäure aufweisen, eine derartige Säure also die kumulieren würde. Die aus Ölsäure hervorgehende 5.8.11-Trien- $\omega 9$ -Fettsäure dagegen hat eine deutlich geringere biologische Aktivität, es wird kaum Tetraensäure gebildet. Die oben beschriebenen Arbeiten von van DORE und THOMASSEN bestätigen HOLMAN, also in den wesentlichsten Punkten. Eine kritische Analyse des Verfahrens von HOLMAN wird in der Diskussion gegeben! Ein einheitlicher Bedarf wird folgerichtig in der Literatur auch nicht angegeben. Die Angaben differieren teilweise beträchtlich, wie folgende Tabelle zeigt, die von ELISSAR (1962) zusammengestellt wurde.

T a b e l l e 1

| Tierart  | EFBS-Bedarf<br>in % der<br>aufgenommenen<br>TS | errechnet nach<br>Versuchen von | EFBS-Geh. in einer<br>nicht aufgefetteten<br>Durchschnittsrat. |
|----------|------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Geflügel | 0,1-1,0                                        | Reiser                          | 1950 1,0-2,0                                                   |
| Schwein  | 0,1-0,5                                        | itz, Beeson                     | 1951 1,0-2,0                                                   |
| Kalb     | 1,5-2,0                                        | Lambert u.<br>Gitarb.           | 1950 0,05-0,1                                                  |
|          |                                                | Cunningham                      | 1954                                                           |
|          |                                                | Berth                           | 1959                                                           |

\*)  $\Delta 8.11.14$  = Doppelbindung am achten, elften und vierzehnten C-atom, gerechnet vom Carboxylende aus.

Die niedrigen Bedarfsnormen der Küken werden von EDWARDS (1967) bestätigt.

Wachstums- und biochemische Funktionen der exogenen Fettsäuren werden von NISSAN eingehend in weiteren Veröffentlichungen beschrieben (1964, 1965).

Eine Modifikation der Arbeit HOLMAN's von 1960 wird von CASTER u. Mitarb. (1963) gegeben. Sie fanden bei den wichtigsten Haustieren eine lineare Beziehung zwischen dem Logarithmus der Linolsäure-aufnahme und der algebraischen Summe der Dien-, Trien- und Tetraensäuren in Herz- und Leberlipiden. Aus diesen Werten wird dann also auf das Ausmaß der Bedarfsdeckung mit essentiellen Fettsäuren geschlossen.

### 2.3.3 Wechselwirkungen zwischen der Linolsäure und anderen Fettsäuren

MORHAUER und HOLMAN (1963) untersuchen die Wechselwirkungen zwischen Linolen- und Linolsäure.

Sie zeigen, daß Linolensäure die Umwandlung von Linolsäure zu Arachidonsäure behindern kann. Außerdem sinken die Werte für 5.8.11 Dicosatriensäure, wenn Linolsäure gegeben wird.

NACHLIN (1962) berichtet, daß Leinöl, das an Küken verfüttert wurde, deren Arachidonsäuregehalt der Leber signifikant senkte. Er schlägt deshalb ebenfalls eine Theorie vor, die die Behinderung der Umwandlung von Linolsäure zu Arachidonsäure beinhaltet.

MORHAUER und HOLMAN (1963) erweitern diese Erkenntnisse dahingehend, daß sie die ganze Linolsäurefamilie (C-18:2, 20:4 und 22:5) steigern, sowie den Palmitolein- und Ölsäuregehalt relativ senken konnten, wenn Linolsäure gefüttert wurde. Die Menge an 4.5.8.11 Dicosatrien  $\omega$ -9-Säure ist herabgesetzt. Die Fettsäuren der Linolenfamilie also (C-18:3, 20:5, 22:5 und 22:6) waren nicht betroffen. Dagegen sind die Fettsäuren der Linolenfamilie stark erhöht, wenn Linolensäure gefüttert wurde. Die Werte von 20:3, 20:4 und 22:5  $\omega$ -6 sind dann signifikant erniedrigt. Die für die Dehydrogenierung notwendigen Enzyme scheinen hier bei verschiedenen Fettsäuren gleich zu sein. Linolensäure hat zu diesem

Enzymsystem die höchste Affinität, Linolsäure eine mittlere, Ölsäure die geringste. Das Verhältnis von Trien- zu Tetraensäuren hat somit keinen gültigen Aussagewert, wenn die Linolsäure als Hauptfettquelle fungiert.

Aufbauend auf den Untersuchungen von HOLMAN zeigen PELUFFO u. Mitarb. (1963), daß  $\Delta^5$ -Linolensäure ( $\Delta^6$ -9-12 Triensäure) und Eicosatriensäure ( $\Delta^5, 11, 14$ ) eine sehr niedrige Halbwertszeit haben und deshalb auch die hohe  $\Delta^5$  F A-Aktivität aufweisen, da sie leicht in Arachidonsäure umgewandelt werden. Sie bestätigen die Ergebnisse HOLMAN's, daß der Umwandlungsmechanismus Linolensäure → Arachidonsäure die Synthesekette Ölsäure → Eicosatriensäure behindert ( $\Delta^5, 8, 11$ -Trien).

KAUNITZ u. Mitarb. (1960) beobachten im Linolsäuremangelstadium vergrößerte Nieren, Herzen und Lebern.

Die gleiche Autorengruppe weist (1961) auf unterschiedliche Bedarfsnormen an Linolsäure hin, bedingt durch die Kettenlänge der verfütterten Fettsäuren.

Die Autoren ziehen den Schluß, daß das Linolsäureniveau maßgeblich an der Regulation der Zusammensetzung des Depotfettes beteiligt sei. Zu diesem Ergebnis gelangen auch BRÜGGEMANN u. Mitarb. (1963) sowie NIESAR (1964, 1965 und 1966). NIESAR bestätigt die Erkenntnisse von KAUNITZ insofern, als er ebenfalls den antagonistischen Effekt zwischen Triglyceriden mit langkettigen Fettsäuren und den Linolsäureeinlagerungen feststellt.

Zusätzlich beschreibt er einen Kettenverlängerungseffekt der Linolsäure, der sich bei hoher Gabe von mittelkettigen Fettsäuren auswirkt.

#### 2.4 Stellungsisomere Fettsäuren

MATTSON (1960) hat als erster an depletierten Ratten gezeigt, daß einzig die Linolsäure mit cis-cis Konfiguration die Aktivität einer essentiellen Fettsäure entwickelt, gleiches gilt für die anderen Polyensäuren, die als essentiell betrachtet werden können.

LORIETTE u. Mitarb. (1962) untersuchen die Einlagerung von Trans-fettsäuren aus Erdnußöl in die Körperlipide. Sie zeigen, daß das Depotfett von Mäusen sich nicht mit Transfettsäuren anreichert, daß vielmehr das Reservefett eine gewisse Verminderung an Transsäuren erfährt. Somit dürften die Transsäuren einem oxydativen Abbau unterliegen.

HOLMAN u. Mitarb. (1962) beobachten eine gewisse Anreicherung von Triensäuren in der Leber nach Verabreichung von Trans-trans-Linolsäure. Der Arachidonsäuregehalt der Leber bleibt unbeeinflusst.

COOTS (1964) stellt fest, daß die Transisomeren verstärkt zu  $\text{CO}_2$  - abgebaut werden. Die Transisomeren werden vorwiegend über die Glyceride der Lymphe transportiert und nur in geringem Ausmaß in die Phospholipide des Plasmas eingebaut.

KAUFMANN und MANKEL (1966) bestätigen die Angaben der oben aufgeführten Autoren weitgehend.

## 2.5 Die Fettresorption mit besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse beim Küken

### 2.5.1 Lokalisierungsmöglichkeit

Möglichkeiten der Lokalisierung der Fettresorption aus dem Darmtrakt beim Küken:

Von RENNER (1965) wird diese Frage an drei verschiedenen Fetten, Talg, Schweinefett und Sojaöl studiert. Die Autorin teilt den gesamten Darmtrakt des Kükens in 5 Teile auf. Sie stellt fest, daß die Hauptresorption im 3. und 4. Segment stattfindet.

Es wird dabei das Sojaöl schon früher als das Schweinefett aufgenommen. Für das Öl erhält die Autorin eine Verdaulichkeit von nahezu 100 %. Die aufgenommenen Fettmengen aus Caecum und Rektum können vernachlässigt werden.

## 2.5.2 Der Mechanismus der Fettsäureresorption

HAUBOLD u. Mitarb. (1959 u. 1962) unterstreichen die Bedeutung der korpuskulären Resorption von Fetten. Die Autoren bestätigen, daß bei entsprechender Vorbehandlung (Emulgierung) mittelkettige Fettsäuren direkt lymphogen resorbiert werden. HAUBOLD zeigt, daß sogar Paraffinöle korpuskulär resorbiert werden können, wenn sie nur entsprechend emulgiert werden. In einem Übersichtsreferat weisen STAHLMEIER, H. und M. OTTE (1969) auf die Bedeutung der Galle für die Emulgierung hin. Neben der Emulgierung ist vor allem zu nennen: Anregung der Darmperistaltik, Erleichterung der Fettresorption, Einstellen eines optimalen pH-Wertes, Aktivierung von Lipase.

BERG u. Mitarb. (1968) zeigen, daß Enzymzusätze bei gestörter Fettverdauung die Resorption des Fettes ebenfalls verbessern können. Wie EISENBERG u. Mitarbeiter (1969) zeigen, ist die Verbesserung bei normaler Fettresorption aber nicht zu erzielen, jedenfalls nicht bei der verwendeten radioaktiven Jod-Olsäure. K. SICKINGER (1969) weist darauf hin, daß mittelkettige Triglyceride, wie  $C_8$  und  $C_{10}$  als Nahrungsfett hochverträglich sind. Sie unterscheiden sich vor allem im Schmelzpunkt und Lipid-Wasserverteilungskoeffizienten erheblich von den langkettigen Fettsäuren. Aufgrund von unterschiedlichem Verhalten bei Emulgierung, Spaltung und Mizellenbildung im Darmlumen sowie Absorption aus der Dünndarmepithelzelle ist eine relativ bessere Verdaulichkeit zu erklären. ISSELBACHER (1967) kommt zu ähnlichen Ergebnissen. Ausdrücklich wird auf den Grad der Emulgierung hingewiesen und dessen Bedeutung für die Absorption langkettiger Triglyceride. Im Zusammenhang mit der Interpretation der vorliegenden Arbeit soll auf diesen Teilaspekt der Resorption gesondert eingegangen werden.

Von WINTERFELD (1969) wird die Überführung der mittel- und kurzkettigen Fettsäuren bei der intestinalen Resorption in das Pfortaderblut herausgestellt. Bereits bei einer Leberpassage werden diese wiederum aus dem Blut aufgenommen. REHNER u. Mitarb. (1961) berichten, daß die Resorbierbarkeit von Fetten nicht nur

von der Kettenlänge, sondern auch von der Position im Triglyceridmolekül abhängig ist. Da aber meistens bei synthetischen Triglyceriden Mischfette vorliegen, die keine prädisponierende Disposition für eine einzelne Fettsäure aufweisen, wirkt sich die Tatsache in praxi nicht aus. RENNERT u. Mitarb. betonen, daß Palmitinsäure und Glycerin-Mono- oder Di-Palmitat eine unterschiedliche Verdaulichkeit aufweisen. Glycerin-Mono-Dipalmitat ist weit hydrophiler und wird somit auch leichter resorbiert. Insgesamt steigt die Emulgierfähigkeit und damit die Angriffsmöglichkeit der Lipase im Darm. ASHWORTH u. Mitarb. (1963) beweisen durch elektronenmikroskopische und biochemische Untersuchungsmethoden die oben angeführten Untersuchungsbefunde. Es wird von dem Autor besonders betont, daß die Mizellentheorie von HOFMANN u. Mitarb. (1962) weitgehende Bestätigung erfuhr. Die Resorptionsvorgänge werden durch eine partielle Hydrolyse eingeleitet, die durch die Pankreas-Lipase durchgeführt wird. Auf diese Tatsache machten schon (1952) REISER u. Mitarb. aufmerksam. Ein gewisses Maß an Triglycerid-Synthese im Epithelsaum weisen BLANKENHORN u. Mitarb. (1955) nach. Eine Phospholipidsynthese im Epithelsaum zeigte SCHWID-NEILSON (1946).

Die Bedeutung der Membran-Permeabilität und deren Wechselwirkung mit der Diffusion und Resorption der verschiedenen Fettgruppen ist nur ungenügend geklärt.

Der Resorptionsvorgang an sich erfolgt beim Küken sehr schnell. Bei etwa 3-stündigem Durchgang des Futters durch den Magen-Darmtrakt ist nach 2 Stunden etwa schon ein Absinken der Blutplasmalipide festzustellen (ASHWORTH 1963).

### 2.5.3 Faktoren, die die Resorbierbarkeit von Fetten beeinflussen

Diese sind physikalisch-chemischer Natur und wirken auf den Schmelzpunkt und die Oberflächenverhältnisse des Fettanteiles der Ration ein. YOUNG u. Mitarb. (1963) untersuchen die Wechselwirkung einzelner Fettsäuren. Sie stellen fest, daß zunehmende Mengen Ölsäure die Resorption von Linol- und Palmitinsäure verbessern. Der Einfluß der Linolsäure ist sogar weniger deutlich.

Als optimal wird ein Verhältnis der Olsäure zur Palmitinsäure von 1,34:1 angegeben. Palmitin- und Stearinsäure, gemeinsam gefüttert, konkurrieren um die Resorption. In der Verbesserung der Resorption gesättigter Fettsäuren ergänzen sich Ol- und Linolsäure.

SERIBAKIS u. Mitarb. (1951) sowie SAMUELS u. Mitarb. (1956) zeigen, daß sich der resorptionsfördernde Einfluß der ungesättigten Fettsäuren nur in bescheidenem Maße auf Schmelzpunktveränderungen des Gesamtfettes zurückführen läßt.

RENNER (1961) verglich die Verdaulichkeit der freien Palmitinsäure von 5 % mit der von Monopalmitin und Methylpalmitat, die bei 35-40 % lag.

Galle und Pankreassäfte in ihrem Einfluß auf die Resorption von mittellangen Fettsäuren werden von VALDIVIESO u. Mitarb. (1965) untersucht. Allerdings zeigen sie nur den qualitativen Einfluß von Galle und Pankreassaft, da sie die Ergebnisse nicht quantifizieren können.

HAUBOLD (1959) und HAUBOLD u. Mitarb. (1962) betonen die Bedeutung der Feinemulgierung der Nahrungsfette für die Resorption. Butterfett z.B. als natürlich emulgiertes Fett weist somit eine hohe Verdaulichkeit auf. Bei Zugabe geeigneter, unschädlicher Emulgatoren ist der Schmelzpunkt des Fettes von untergeordneter Bedeutung für dessen Resorbierbarkeit.

Für die Kälberfütterung wird die Anwendung von Emulgatoren in größerem Maße bereits angewandt. (DAMMERS 1967, RAVER u. Mitarb. 1964). Bei dem Geflügel wird die Anwendung von oberflächenaktiven Stoffen zur Verbesserung der Verdaulichkeit von FIELDS u. Mitarb. (1962) zusammenfassend erörtert. Sie stellen folgende Verbesserungen in der Fettfütterung heraus:

1. Hoher Fettanteil in der Ration möglich,
2. Verbesserung der Wachstumsrate (MILBIL 1955),
3. Verbesserung der Verdauungskoeffizienten (GILLES, J.H. 1956).

Die Autoren verwenden allerdings nur Ochsgalle.

Bei Maisöl, Safflor und Schweineschmalz finden sie eine sehr hohe Verdaulichkeit, auch wenn 20-30 % Fett in der Ration enthalten waren. AUGER setzte (1947) Sojalecithin ein. MARON und BILLY (1957) fanden keine Resorptionsverbesserung mit Lecithin. SIBBALD u. Mitarb. (1962) untersuchen die Wirkung von rohem und raffiniertem Sojaöl auf die Verdaulichkeit von Talg.

Das Ergebnis ist negativ steht aber im Gegensatz zu Befunden, die eine deutliche Verbesserung der "metabolisoble energy" von 7,55 auf 8,45 Cal/g erbrachte, wenn zu dem Rindertalg 2 % Sojalecithin hinzugefügt wurde. Die Zugabe von synthetischen Emulgatoren und deren Auswirkung auf die Fettresorption ist von JONES (1950) an Menschen mit verschlechterter Fettverdauung nach Magen-Darmoperationen untersucht worden. Er verwendet Polyoxythylen-Sorbitan-Monoleat und erzielt sehr deutliche Verbesserungen der Fettresorptionen. Er weist außerdem darauf hin, daß die normale Verdauung so gut ist, daß oberflächenaktive Stoffe kaum eine Verbesserung der Verdaulichkeit bewirken. Die Wirkung eines emulsionsfördernden Zusatzstoffes sieht er in Veränderungen der Oberflächenspannung der Fettröpfchen, deren Benetzbarkeit und der Verteilungsfähigkeit. Daraus resultiert nach JONES die größere Angriffsfläche für die Lipasewirkung des Pankreas.

TADIO zeigt (1966) praktische Anwendungen für die Fettemulgierung auf dem Gebiete der Ernährung und Technologie.

SONNTAG (1966) berichtet über seine Untersuchungen mit grenzflächenaktiven Stoffen. Er verweist auf die oberflächenaktiven Stoffe in Lösungsmitteln und Waschmitteln und berichtet über den Zusammenhang zwischen kritischer Zerreißdicke der Flüssigkeitslamellen und der Natur des Flüssigkeitsmediums.

Weitere Untersuchungen über die Beeinflussung der physikalischen und chemischen Eigenschaften von Grenzflächen liegen von SUBRAMANYAM u. Mitarb. (1966) sowie von KORETZKI u. Mitarb. (1966) vor. MARON u. Mitarb. (1962) stellen die Beziehungen zwischen HLB-Wert und kritischer Micellkonzentration deutlich heraus.

Diese sind für die Fettsäuremonoester der Saccharose erwiesen. Für andere gebräuchliche oberflächenaktive Stoffe sind die Beziehungen ähnlich.

ANONYM wird (1966) über interessante Versuche zum Problem des Kaltemulgierens berichtet. NOWAK (1966) schlägt die Messung der elektrischen Leitfähigkeit zur Feststellung des vorliegenden Emulsionstypes vor.

Nach WACHS (1962) kommen für ernährungsphysiologische Probleme  $O/W$ -Emulgatoren vornehmlich in Frage. Im Gegensatz dazu stehen  $W/O$ -Emulgatoren. Angewendet in der Pharmakologie werden sehr häufig Mischemulgatoren, die aus einem hydrophilen und hydrophoben Anteil bestehen.

## 2.6 Qualitative und quantitative Aspekte des Fettsäurestoffwechsels mit besonderer Berücksichtigung des Geflügels

### 2.6.1 Beeinflussung des Plasma- und Lymphfettes

Bedingt durch die Empfindlichkeit wachsender Küken gegen Blutentnahmen sind nur sehr wenige Untersuchungen über die Plasmalipidzusammensetzung von Küken gemacht worden.

LEVEILLE u. Mitarb. (1963) teilen mit, daß der Plasmafettgehalt nach steigenden Cholesteringaben im Futter deutlich erhöht ist. Dabei steigt auch der Ölsäuregehalt, der Arachidonsäuregehalt allerdings sinkt.

ANONYM (1965) wird der enge Zusammenhang zwischen Futterfett und Lymphfettzusammensetzung herausgestellt. Die Bildung von endogenen Lymphfettsäuren wird diskutiert. Bedingt durch den hohen Triglyceridgehalt der Lymphe der Ratte ist ihr Gesamtfettgehalt 5-8 mal so hoch wie der des Plasmas (VOIGT 1965). MONSON u. Mitarb. (1962) weisen auf die labile Zusammensetzung des Blutplasmas der Ratte hin, was besonders das Verhältnis Ölsäure zu Linolsäure betrifft. Der Arachidonsäurespiegel dagegen ist relativ stabil und wird durch die Diät nur wenig beeinflusst, wenn man von Cholesteringaben absieht. Ein deutlicher geschlechtsabhängiger Unterschied im Stearin-Palmitinsäure-Verhältnis wird außerdem festgestellt.

LOVELOCK (1960) zeigt, daß die Plasmaphospholipide des menschlichen Blutes in vitro in einem einfachen Difussionsgleichgewicht mit den zelligen Elementen des Blutes stehen, für die Neutralfette wird ein selektiver Mechanismus angenommen. WALKER u. Mitarb. bestätigen diese Ergebnisse, auch sie stellen eine starke Anpassung der Phospholipide der Erythrozyten an die Fettsäurezusammensetzung des Futters fest. Die Gesamtfettfraktion dagegen reagiert nur wenig auf die Zusammensetzung des Futterfettes.

FITCH u. Mitarb. stellen fest, daß bei geringen Futtermengen die Gehalte an Palmitolein-, Öl- und Arachidonsäure zunehmen, die Linolsäurekonzentrationen dagegen abnehmen. PATIL u. Mitarb. (1960) zeigen, daß der Gesamtfettgehalt des Plasmas durchschnittlich etwas höher liegt, als der der zelligen Bestandteile, daß die Blutzellen aber deutlich mehr Phospholipide in der Membran aufweisen. Auch PATIL u. Mitarb. zeigen, daß der Arachidonsäuregehalt des Plasmas relativ hoch und nur geringen Schwankungen unterworfen ist.

Die eigentlichen freien Fettsäuren, die an Serumalbumine gebunden, die Transportform der Fette sind, machen nur einen geringen Anteil der Fette des Plasmas aus. SCHRADE u. Mitarb. (1961) geben 10-30 mg/100ml an. Schwankungen des Blutplasmagehaltes an diesen freien Fettsäuren werden auf Schwankungen des Sympathikotonus zurückgeführt. Die Autoren zitieren auch Arbeiten von DOLE, GORDON, HAVEL u. Mitarb., die einen Anstieg der unveresterten Fettsäuren auf Gaben von Adrenalin oder Noradrenalin beschreiben. Auch SCHRADE u. Mitarb. (1961) betonen, daß die Phospholipidfraktion weniger Linolsäure besitzt als die Triglycerid-Fraktion. Der Anteil der Phospholipide an gesättigten Fettsäuren (Stearin- und Palmitinsäure) wird diskutiert.

2.6.2 Die Beeinflussung des interstitiellen Fettgewebes der Muskulatur und des Depotfettes durch das Futterfett sowie die biochemischen Stoffwechselfvorgänge

SEITZ u. Mitarb. (1969) vergleichen das histologisch ermittelte Fettvolumen und die intestinalen Fettzellen des Zwerchfelles mit der biochemisch bestimmten Lipidmenge und kommen zu dem Schluß, daß sich praktisch das gesamte Muskelfett im interstitiellen Fettgewebe befindet, direkt in den Fasern eingelagertes Muskelfett kann nicht nachgewiesen werden. Damit ist das Muskelgewebe nicht in dem Maße Änderungen im Gesamtfettgehalt unterworfen wie das reine Depotfett.

Über die Beeinflussung des Depotfettes durch das Futterfett berichten eine große Anzahl von Autoren, so daß die Arbeiten über dieses Thema nicht einzeln aufgeführt werden können.

NIESAR (1963/1965) hat den Einfluß des Futterfettes auf verschiedene Organ-, Muskel- und Depotlipide untersucht. Er kommt zu folgenden wesentlichen Ergebnissen:

1. Eine Veränderung des Körperfettes ist mit kurzkettigen Fettsäuren bis C 10 nicht zu erreichen.
2. Eine selektive Speicherfähigkeit für Fettsäuren hat die Haut.
3. Die Leber hat nur eine Speicherfähigkeit für Laurinsäure, die vornehmlich in die Phosphatide eingebaut wird.
4. Linolsäuregaben wirken sich in erhöhtem Linolsäuregehalt und geringerem Stearinsäuregehalt, Palmitin-, Palmitolein- und Myristinsäuregehalt aus. Die Ration mit 15 % Ölsäure bewirkte sehr hohe Ölsäuregehalte in den Körperlipiden.
5. NIESAR zeigt, daß Palmitin- und Stearinsäure in den Lipiden von Abdominalfett, Knochenmark und Haut am reichlichsten vorhanden sind. Leber-, Nieren- Lungenlipide enthalten diese Säuren in mittleren Konzentrationen.
6. Der heterolipide Typ des Huhnes verfügt über ein sehr starkes Einlagerungsvermögen für Laurinsäure, diese wird bis zu 15 % eingelagert (NIESAR 1965). Nach LANG (1939) hat aber das

Enzym, das die Acylreste vom CoA auf das Alpha-Glycerophosphat überträgt, ein stark ausgeprägtes Wirkungsoptimum für C 16 und C 18-Fettsäuren, womit erklärt ist, warum Triglyceride tierischer Fette vorwiegend C 16 und C 18-Fettsäuren enthalten. Diese beiden Säuren sind die wesentlichen Produkte der Fettsäuresynthese.

7. Die Halbwertszeit der Fettsäuren im Körperfett beträgt 16-20 Tage im Gegensatz zu 1-2 Tagen Halbwertszeit in der Leber.
8. NIESAR nimmt an, daß der Speicherungswert von Futterfettsäuren ein Maß für deren Beteiligung am Fettstoffwechsel darstellt.
9. Das von ihm als Prinzip der Kettenverlängerung mittelkettiger Fettsäuren angesprochene Grundprinzip scheint in enger Wechselwirkung zum Linolsäurespiegel des Körpers zu stehen (NIESAR 1963).

OSTWALD u. Mitarb. (1962) untersuchten die zeitliche Reaktionsfähigkeit des Körpers auf die Zusammensetzung des Futterfettes. So fanden die Autoren einen deutlichen Wandel im Adiposum von Ratten innerhalb einer Woche nach Umstellung der Ration. Alter, Geschlecht und Wachstumsrate haben einen gewissen Einfluß. Mesenteriales und interskapuläres Fett gleichen sich schneller an das Futterfett an als das subkutane Fett. KAUFMANN u. Mitarb. (1966) kommen zu gleichen oder ähnlichen Ergebnissen bei Kälbern. Die Unterschiede der im Körper verteilten Depotfettfraktionen (perirenal, perikardial ect.) werden als beträchtlich dargestellt. Beachtenswert ist auch die Arbeit von TOVE u. Mitarb. (1960). Sie weisen darauf hin, daß die Reaktionsnorm des Körpers auf den jeweiligen Zustand der Gewebe basiert. Bei Mäusen beispielsweise nimmt mit steigender Ölsäurezufuhr der Palmitinsäuregehalt der Gewebe relativ ab, die Myristinsäure nimmt aber relativ zu. Bei 15 % Ölsäure im Futter erreicht der Ölsäuregehalt des Depotfettes vereinzelt fast 70 %. Andererseits nimmt allein die Palmitoleinsäure relativ stark ab, wenn im Linolsäuregehalt des Depotfettes bis zu 45 % erreicht werden. Steigt das Linolsäureniveau

darüber hinaus, dann nimmt auch die Stearinsäure im Gehalt deutlich zu. WAGNER u. Mitarb. (1961) stellen fest, daß einzelne Fettsäuren im Depot charakteristische Halbwertszeiten aufweisen, die wiederum je nach Art des Depotfettes variieren.

MARION u. Mitarb. (1965 u. 1966) berichten ausführlich über die Lipidfraktion von Broilern.

Nach dieser Untersuchung sind in den Muskellipiden der Brust vornehmlich Phospholipide enthalten, aber auch Triglyceride in beachtlicher Menge. Das reine Depotfett dagegen besteht fast ausschließlich aus Triglyceriden. Auffallend ist der höhere Gehalt der Phospholipide an C 20:4-Säure aber auch an C 18:0, ein Befund, der einigen Autoren widerspricht. Triglyceride dagegen besitzen vermehrt C 18:1 und C 18:2 Fettsäuren. Die Lage des Gewebes hat nach obigen Autoren nur wenig Einfluß auf dessen Zusammensetzung, allerdings wechselt das Verhältnis der Lipidfraktionen von Gewebe zu Gewebe. Insgesamt darf festgestellt werden, daß die Phospholipide einen hohen Anteil an gesättigten und überlangungesättigten Fettsäuren enthalten. Die Triglyceridfraktion dagegen darf insgesamt als träger in der Reaktion auf Futterfettwerte angesehen werden.

Diese Ergebnisse teilen auch ISAACKS u. Mitarb. (1964) mit, die über Untersuchungen an Hennen berichten:

Der Stearinsäuregehalt der Plasmatriglyceride ist relativ konstant, obwohl der der Ration wechselt. Palmitin-, Ol- und Linolgehalt dagegen variieren sehr direkt mit den Zusammensetzungen des Futters. Der Stearinsäuregehalt der Plasmaphospholipide wiederum beträgt bis zu 22 %.

ACOSTA u. Mitarb. (1966) weisen auf die Veränderungsmöglichkeit der Körperlipide durch unterschiedliche Einlagerung von Triglyceriden hin. Mit Untersuchungen an Puten zeigen sie, daß die Phospholipid-Fraktion relativ stabil ist. EVANS u. Mitarb. (1967) fanden bei Hennen nach einseitiger Fettversorgung mit geringen Mengen an Baumwollsaamenöl "*Sterculia foetida*" geringe Veränderungen im Depotfett und im Fett des Herzens, größere dagegen in Leberlipiden und im Blutplasma sowie Ovarium. Prozentuale Unterschiede im Fettgehalt einzelner Körperfraktionen, die durch die

qualitative Zusammensetzung des Futterfettes bedingt sein könnten, werden von CHUNG u. Mitarb. (1965/1966) nicht gefunden.

ADAMSON u. Mitarb. (1961) wiederum berichteten, daß sich die Jodzahl des Abdominalfettes am deutlichsten in der Futterfettjodzahl widerspiegeln, wenn 15 % Fett verfüttert werden, das gilt aber nicht, wenn nur 3 % in der Ration gefüttert werden. Die Leberfettzusammensetzung ist sogar unabhängig vom Futterfett, allerdings wird in der Arbeit nur die Jodzahl als Futter-Charakteristikum verwandt.

MARION u. Mitarb. (1963) weisen auf den Zusammenhang zwischen Plasmalipiden und Depotlipiden hin. Die Autoren betonen auch, 1966, daß die Proteinversorgung des Tieres wesentlich ist für die Reaktionsnorm auf Fettgaben.

EDWARDS u. Mitarb. (1963) bestätigen die erhöhte Bicosatriensäurebildung bei EFA-Mangel. Bei hoher Fettfütterung wird die Fettbildung aus Kohlehydraten weitgehend gehemmt.

SELL u. Mitarb. (1962) fanden, nach Verfütterung von Rapsöl, Bicosen- und Erucasäure im Adiposum. Sie nehmen eine direkte Einlagerung dieser Säuren ins Adiposum an.

Einen Unterschied zwischen gebundenen und freien Lipiden machen GLAM u. Mitarb. (1965) in ihren Untersuchungen an gefriergetrocknetem Fleisch, wie etwa auch LEHNARTZ (1959) und RÜS u. Mitarb. (1969). Die freien Lipide oder Reservelipide sind vorwiegend aus Triglyceriden aufgebaut, die Strukturlipide dagegen enthalten vorwiegend Phosphatide und Cholesterin.

### 2.6.3 Die Beeinflussung des Leberfettes durch die Fütterung

Im Zusammenhang mit der Untersuchung des Cholesterin-Stoffwechsels und des Fettleber-Syndroms bei Hennen wurde die qualitative Beeinflussung des Leberfettes in einer großen Anzahl von Arbeiten untersucht:

Die bereits obig mitgeteilten Ergebnisse von ACOSTA u. Mitarb. (1966) sowie MARION u. Mitarb. (1965) für die Zusammensetzung der Muskel- und Depotlipide können im wesentlichen auf die

Leberlipide übertragen werden. Die Unterschiede in der Fettsäurezusammensetzung zwischen Phospholipiden und Triglyceriden sind noch deutlicher als in den Triglyceriden. So stellen KATIL u. Mitarb. (1950) an Ratten fest, daß die Leber-Phospholipide mehr Tetraen-, Pentaen- und Hexaensäuren enthalten als die Cholesterolester oder die Triglyceride.

Die Triensäuren der Leber befinden sich vornehmlich in den Triglyceriden. Eine Beeinflussung der Gesamtzusammensetzung durch Fütterung von großen Mengen gesättigter Fettsäuren konnte auch für die Leberfettgehalte bestätigt werden.

OKEY u. Mitarb. (1961) berichten über eine weitgehende Übereinstimmung der Lebercholesterolester mit den Plasmacholesterolestern bei Ratten. Die Triglyceride ähneln dem Futterfett noch mehr als die Fettsäuren der Cholesterolester. Mono- und Diglyceride zeichnen sich durch konstante Arachidonsäuremengen aus. Die Autoren weisen auf den hohen Arachidonsäuregehalt der Leberphospholipide hin.

GLENN u. Mitarb. (1965) untersuchen die Gesamtzusammensetzung der Phosphatide und deren Einzelfractionen bei Ratten. Sie betonen, daß das Phosphatidyl viel Stearinsäure und ansehnliche Mengen an Linol- und Arachidonsäure besitzt.

Die Wechselwirkungen zwischen Proteinstoffwechsel und Fettstoffwechsel bestehen nach LEVEILLE u. Mitarb. (1963) beim Küken vornehmlich in der Senkung des Lipoproteins und Erhöhung des Leber-Cholesterin, auch diese Autoren finden die Arachidonsäure vornehmlich in den Phospholipiden lokalisiert.

CHUNG u. Mitarb. (1965) bei Schweinen und CHUNG u. Mitarb. (1966) bei Geflügel zeigen den relativ hohen Anteil der Leber an polyungesättigten Fettsäuren.

1966 weisen CHUNG u. Mitarb. bei Untersuchungen an Geflügel nach, daß diese Veränderungen vornehmlich auf die Phosphatidyl-Äthanolamin-Fraktion zurückzuführen sind, da diese durch außergewöhnlich hohe Gehalte an gesättigten Fettsäuren mit einer Länge von 16 oder 18 C-Atomen und ungesättigten, vornehmlich Arachidonsäure, gekennzeichnet ist. Auch für die menschliche Leber gelten die zitierten Ergebnisse, wie SCHÖN u. Mitarb. (1965) zeigen konnten.

SEITZ u. Mitarb. (1969) und EBERHAGEN (1969) weisen auf die beschränkte "de-novo"-Syntheseleistung der Leber hin, die aber durch Hungern (LEVEILLE 1969) oder Beeinflussung des Protein-stoffwechsels in sehr weitgespannten Grenzen variiert werden kann. LEVEILLE (1969) erreichte Steigerungen der "normalen" Fettsäure-Synthese durch vorheriges hungern um 364 %.

#### 2.6.4 Die Beeinflussung der Lipide

Die Lipide unterliegen ebenfalls den Bedingungen, die durch das Futterfett gesetzt sind. BIEDERMANN (1968), DONALDSON (1966) und MARTIN (1963) seien mit ihren Arbeiten über den Einbau von Futterfett in die Lipide erwähnt. Die Anzahl der Untersuchungen auf diesem Gebiet ist beträchtlich. Zusammenfassend kann mit einiger Berechtigung folgende Kenntnis als gesichert übernommen werden:

- a. Es bestehen keine grundsätzlichen Unterschiede des Fettstoffwechsels des Eies im Vergleich zu anderen Körperlipiden (MACHLIN u. Mitarb. 1962).
- b. Die Phospholipidfraktion hat eine besondere Affinität zu polyungesättigten Fettsäuren bis zu C 22:6 (BIEDERMANN 1968).

#### 2.7 Zusammenhänge zwischen Fettstoffwechsel und leicht zu ermittelnden Daten wie Zunahme, Körpergewicht, Futterverwertung, Größe der Organe und deren allometrischen Beziehungen

TOVE (1964) betont, daß die Verdaulichkeit der Palmitinsäure und Stearinsäure niedrig ist, ja, daß eine Beimischung dieser Fettsäuren zu Rationen das Wachstum bei Mäusen deutlich behindert. Zumindest scheint damit die Regulation des Körpergewichtes und der Futteraufnahme vom Fettgehalt insgesamt abzuhängen. Ebenso hat die Galleproduktion offensichtlich einen Einfluß. Damit zeichnet sich folgender Regelkreis ab:

schwer emulgierbare Fettsäure - Gallenausschüttung → Verminderung der Futteraufnahme. SHAFIRO (1963) deutet diese Wechselbeziehungen an und stellt anhand von Ergebnissen aus der Literatur und aufgrund eigener Untersuchungen die Bedeutung des Fettstoffwechsels für die Körpergewichtsregulation deutlich heraus. Die hohe Fetttoleranz des Geflügels ist Gegenstand der Untersuchungen von ISAACKS u. Mitarb. (1963). Die Autoren stellen fest, daß die Küken bis zu 30 % Fett in der Ration ohne Nachteil verträgt, die Frage der Futterzulage zu Legehennenrationen bleibt allerdings unberücksichtigt.

HÄRTEL (1967), SIBBALD u. Mitarb. (1962) sowie eine große Anzahl weiterer Autoren stellen das Energie-Proteinverhältnis in den Mittelpunkt ihrer Betrachtungen und weisen nach, daß dadurch die Energieretention wesentlich beeinflußt wird und nicht allein durch die Energiekonzentration, wie CAREW u. Mitarb. (1963) berichten.

Die Fettzusammensetzung in der Ration und die daraus resultierende Verdaulichkeit werden von ARTMANN (1964) eingehend dargestellt und diskutiert. ARTMANN stellt dabei folgende wachstumswirksame Faktoren bei der Fettfütterung zusammen:

- a. Schmelzpunkt,
- b. Gehalt aus ungesättigten Fettsäuren, wobei Linolsäure und Ölsäure sich vertreten können,
- c. Alter des Kükens, (Das Alter wird auch von CULLEN u. Mitarb. (1962) als bedeutsam herausgestellt),
- d. Gesamtfettgehalt der Ration. Nach DOALDSON (1962) muß dieser Aufzählung noch der Faktor
- e. restriktive Fütterung angefügt werden.

NICKELBERRY u. Mitarb. (1966) verweisen außerdem auf den Einfluß der Umwelttemperatur.

### 3. Eigene Untersuchungen

#### 3.1 Versuchsübersicht

Auf eine differenzierte Darstellung der Vorversuche soll verzichtet werden. An einer großen Anzahl von Küken wurde die Fett-Toleranz bei hohen Fettgaben geprüft. Verwendung fanden dabei Kokosfett und Sonnenblumenöl. Deutliche Verbesserungen der Futterverwertung konnten durch die Zumischung dieser Fette erzielt werden, wobei Zumischungen bis zu 20 % der Gesamtration sich in einer verbesserten Futterverwertung auswirkten.

#### 3.2 Tiermaterial

Um eine möglichst genaue und reproduzierbare Fettstoffbilanz erstellen zu können, wurden genetisch einheitliche, männliche Broilerküken der Fa. Lohmann Cuxhaven verwendet. Die Lieferung der geschlechtssortierten Masthühnchen (Nichols) erfolgte in dankenswerterweise durch die Bruterei-GmbH und Co. Brockhagen bei Steinhagen/Westfalen. Die Tiere wurden bis zum Alter von 1 Woche mit Kükenstarterfutter gefüttert um evtl. durch die Sitzzusammensetzung bedingte, Unterschiede in der Fettzusammensetzung auszugleichen. Extreme Anfangsgewichte unter 37 g und über 43 g wurden ausgeschieden. Das durchschnittliche Anfangsgewicht betrug 42,1 g. Am Ende der ersten Woche wurden dann diese Tiere wiederum gewogen, nach Gewicht sortiert und selektiert und zufallsgemäß auf die 5 Gruppen des Versuches verteilt. Jede Gruppe bestand aus 5 Tieren, das durchschnittliche Gewicht der Tiere betrug 104 g, mit einer Schwankungsbreite von 95-112 g.

#### 3.3 Umweltbedingungen, Stoffwechseleinrichtung

Stoffwechselkäfige, Temperatur, Beleuchtung, Auffangen der Exkremente, Abtrennen des verstreuten Futters:

Um exakte Angaben über Streuung und Variationsbreite der Verdaulichkeitswerte zu erhalten, wurden die Tiere nach einer Woche

von Gruppenhaltung auf Einzelhaltung umgestellt.

Die 5 Gruppen zu je 8 Tieren wurden dabei zufallsgemäß auf die Einzelboxen verteilt. Diese konnten in der institutseigenen Werkstatt angefertigt werden. Die Boxen waren in 3 Reihen übereinander angeordnet. Die Größe betrug 40 x 50 cm, mit einer Höhe von 50 cm. Zum Luftumbruch wurden an den Längsseiten schmale Luftspalten ausgespart. Die Türen und Mittelteile konnten aus Plexiglas angefertigt werden, die Seiten und Rückteile bestanden aus Holzplatten. Der Kot wurde mit Zinkblechen aufgefangen. Die Tiere liefen auf Drahteinschüben mittlerer Maschenweite, die während des gesamten Versuches nicht ausgetauscht zu werden brauchten. Die Plexiglasmittelteile erlaubten, daß die Tiere einander ständig sehen konnten, die Plexiglastüren erleichterten die laufende Beobachtung der Tiere beträchtlich.

Darin so scheint mir, ist die Hauptbegründung zu finden, daß alle 40 Tiere ohne besondere Schwierigkeiten an die Einzel- fütterung gewöhnt werden konnten. Ausfälle durch Kümern waren ebenfalls nicht zu verzeichnen. Tier 38 kümmerte von der 6. Woche an. Beim Schlachten wurden eine Luftsackanomalie, d.h. ein Eindringen des axillaren Luftsackes in das subcutane Gewebe im Bereich der linken Flügelachsel festgestellt.

Die Temperatur des Raumes wurde konstant auf  $23^{\circ}\text{C}$  gehalten, Zentralheizung mit Thermostat. Außerdem konnten je zwei zusammenhängende Käfige mit einer Heizplatte, die in der Höhe verstellbar waren, zusätzlich beheizt werden. Die Frischluftzufuhr für den klimatisierten Raum erfolgte über einen automatischen, temperatur-regulierten Ventilator und einen Abzugsventilator. Zusätzlich bestand für die kälteren Tage und Nächte die Möglichkeit, den Raum elektrisch zu heizen.

Der Raum wurde während der gesamten Versuchsdauer Tag und Nacht beleuchtet.

Die Exkremente wurden auf Zinkblecheinschüben für jedes Tier einzeln aufgefangen. Evtl. verstreutes Futter mußte täglich ausgelesen werden. Die tägliche Säuberung der Bleche verhinderte weitgehend eine Veränderung des Fettes im Kot. Es konnten die Gesamtkotmengen eingefroren werden, die ein Tier während der

Stoffwechselperioden absetzte, so daß die Probenahme erst bei der analytischen Verarbeitung des Kotes erfolgte. Kotprouben wurden in der 3., 6. und 8. Woche täglich gesammelt und sofort eingefroren. Federn wurden täglich ausgesondert.

Wie oben erwähnt, erhielten die Tiere nach einer Woche Gemeinschaftsfütterung mit ad libitum-Verzehr zu Beginn der zweiten Woche das Futter restriktiv in Einzelfütterung zugeteilt. Die Wasserzuteilung erfolgte ad libitum.

### 3.4 Fütterung

Die Zusammensetzung der an alle Gruppen in der ersten Woche gemeinsam verfütterten Ration war folgendermaßen:

Fertigfutter ( in der ersten Woche an alle Tiere verfüttert)

- 43,000 % Mais geschrotet
- 35,000 % Sojaschrot extrahiert, mit Vit. A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub>,  
Nicotinsäure und Cholinchlorid-Vormischung angereichert.
- 7,904 % Futterzucker
- 4,000 % Fischmehl
- 3,000 % Papirkasohl
- 3,000 % Sojabl
- 2,000 % Mineralstoffmischung
- 1,000 % Tiermehl
- 1,000 % einged. Fischpreßsaft
- 0,070 % DL Methionin
- 0,025 % Aureofac Antibiot. Futterzusatzmischung (Aureomycin,  
gebunden an Bolus alba)
- 0,001 % Vit. B-Konzentrat.

Wertbestimmende Bestandteile der Ration waren laut Analyse:

- 22 % Rohprotein
- 6,0 % Fett
- 3,9 % Rohfaser
- 5,4 % Asche

Das Ca P-Verhältnis betrug 1:0,9 bei 0,9 % Ca in der Ration.

Man darf also annehmen, daß die Ration einen ausgeglichenen Aufbau des Linolsäuredepots in den Tieren ermöglichte.

Die einzelnen Varianten des Versuches wurden nach Ablauf der ersten Woche eingesetzt. Um jegliche Entmischung und Ungleichmäßigkeiten der verschiedenen Rationen zu verhindern, wurde eine Grundfuttermischung folgender Zusammensetzung hergestellt:

Grundmischung:

|                       |         |
|-----------------------|---------|
| Sojaschrot extrahiert | 45,53 % |
| Gelatine              | 5,00 %  |
| Stärke                | 10,00 % |
| Glukose               | 10,00 % |
| Zellulose             | 2,00 %  |
| Mineralstoffe         | 3,47 %  |
| Blutmehl              | 2,00 %  |

Diese Grundmischung wurde dann folgendermaßen ergänzt:

Gruppe A

20,00 % Cocosfett

Gruppe B

+ 20,00 % Cocosfett  
+ Lecithin+\*) Tegomuls B+BS

Gruppe C

+ 20,00 % Sonnenblumenöl

Gruppe D

+ 20,00 % Sonnenblumenöl  
+ Lecithin+\*) Tegomuls B+BS

Gruppe E

+ 20,00 % Glucose

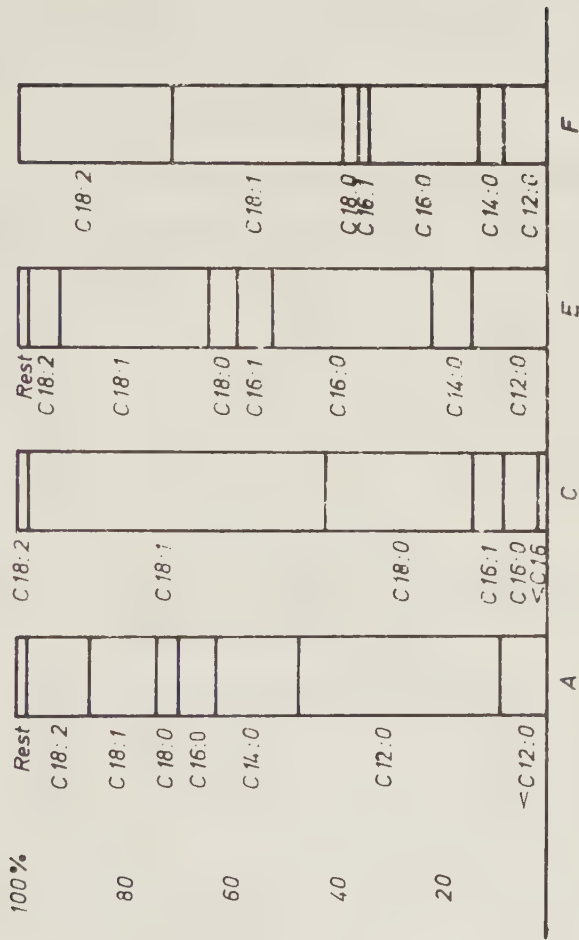
Bei Gruppe B und D waren 2 % des Fettes durch Emulgator ersetzt. Die Emulgatormischung bestand zu 85 % aus Lecithin, 7,5 % aus Tegomuls B und 7,5 % Tegomuls BS. Tegomuls B resp. BS besteht aus Glycerin-mono-distearat und ist selbstemulgierend. Der einzige Unterschied der beiden erwähnten Präparate liegt im HLB-Wert, der bei Tegomuls B 4,2 beträgt, bei Tegomuls BS aber 4,6, es liegen also beide im lipophilen Bereich.

---

\*) reg. Warenzeichen.

Abb. 3

# Die qualitative Zusammensetzung der Futterfette



A = Grundf. mit Kokosfettzusatz      E = Grundf. ohne Fettzusatz

C = Grundf. mit Sonnenblumenzusatz      F = Fertigfutter

Eine Untersuchung der Einzelkomponenten der Mischung erfolgte auf TS-Gehalt, Proteingehalt, Asche-Gehalt, Rohfettgehalt und Rohfaseranteil.

Außerdem wurde eine weitere Charakterisierung des Futterfettes durch Bestimmung von Fettkennzahlen vorgenommen.

T a b e l l e 2

Zusammensetzung der Futterkomponenten in % d. US.

|            | TS    | Rohpr. | Rohfett | Rohfaser | Ca   | P    | Rohasche |
|------------|-------|--------|---------|----------|------|------|----------|
| Sojaschrot | 88,12 | 37,20  | 2,00    | 5,69     | 1,18 | 0,64 | 5,91     |
| Weisstärke | 85,54 | -      | 2,30    | -        | 0,32 | 0,11 | 0,13     |
| Blutmehl   | 83,27 | 77,80  | 0,19    | -        | 1,10 | 0,21 | 5,52     |
| Gelatine   | 83,58 | 74,68  | -       | -        | -    | -    | -        |
| Cellulose  | 89,08 | -      | -       | -        | -    | -    | -        |

T a b e l l e 3

Zusammensetzung der Einzelmischungen in % der US.  
und Jodzahl des Fettes

|            | A     | B     | C     | D     | E     |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| TS         | 90,31 | 90,35 | 90,36 | 90,61 | 89,08 |
| Rohprotein | 26,78 | 26,80 | 26,80 | 26,84 | 26,86 |
| Rohfett    | 20,78 | 20,78 | 20,78 | 20,78 | 0,78  |
| Jodzahl    | 18,05 | 18,05 | 61,75 | 61,75 | -     |

Zu jeweils 100 kg Futter wurden an Mineralstoffen zugemischt:

T a b e l l e 4

Mineralstoffmischung

|                           |   |       |           |
|---------------------------|---|-------|-----------|
| NaCl                      | : | 0,25  | kg/100 kg |
| $\text{CaH}_2\text{PO}_4$ | : | 2,00  | kg/100 kg |
| $\text{CaCO}_3$           | : | 0,500 | kg/100 kg |
| Magnesiumsulfat           | : | 0,125 | kg/100 kg |

durch die Mineralstoffmischung wurden also 0,75 % P und 0,67 % Ca zugeführt. Aus der Grundfuttersmischung stehen, vornehmlich aus dem Sojaschrot, 0,62 % Ca und 0,34 % P zur Verfügung. Die Ration enthält also 1,23 % Ca und 0,7 % Phosphor. Das Ca/P-Verhältnis beträgt somit 1:0,55, ist also etwas weit. Der Mindestbedarf ist aber gedeckt.

### Tabelle 5

#### Kalkulation der Energie nach umsetzbarer Energie in 1 kg Futter also:

|                |                 |                    |                   |
|----------------|-----------------|--------------------|-------------------|
| Sojaschrot     | 2240 kcal d./kg | 1042 kcal aus Soja |                   |
| Weisstarke     | 3544 "          | 364 "              | " Stärke          |
| Gelatine       | 1290 "          | 164 "              | " Gelatine        |
| Sonnenblumenöl | 30 "            | 1675 "             | " Sonnenblumenöl  |
| Cocosfett      | 3780 "          | 1668 "             | " Cocosfett       |
| Blutmehl       | 2560 "          | 57,0 "             | 0,1% aus Blutmehl |
| Glucose        | 3940 "          | 394 "              | aus Glucose       |
|                |                 | 369                | für Soj.-Ration   |
|                |                 | 3689               | für Cocos-Ration  |

-----  
Angaben nach FRANK aus Fäugauf u. Mitarb. (1960).

Bei einem zugrundegelegten Proteingehalt der Rationen von 26,82 % beträgt das P/N-Verhältnis 1:137,5.

HARTL (1966) bezeichnet dieses Verhältnis als günstig, allerdings können die Bedingungen nicht kritiklos verglichen werden, da dieser Autor maximal nur 13,4 % Fett in den von ihm verfütterten Rationen gab.

Die Vitaminmischung wurde in Anlehnung an HARTL (1966) Nutrition Requirements (1963) zusammengestellt.

Je kg der fertigen Mischung wurde an Wirkstoffen zugesetzt:

Tabelle 6

Wirkstoffe

|        |       |                      |
|--------|-------|----------------------|
| 10 000 | i. l. | Vit. A               |
| 1 000  | i. l. | Vit. B <sub>1</sub>  |
| 30     | mg    | DL-Tocopherolacetat  |
| 1      | mg    | Vit. K               |
| 25     | mg    | Vit. B <sub>1</sub>  |
| 15     | mg    | Vit. B <sub>2</sub>  |
| 5      | mg    | Vit. B <sub>6</sub>  |
| 100    | mg    | Nicotinsäureamid     |
| 20     | mg    | Pantothensäure       |
| 300    | γ     | Biotin               |
| 4,0    | mg    | Folsäure             |
| 30,0   | mcg   | Vit. B <sub>12</sub> |
| 1,5    | g     | Cholinchlorid        |
| 100    | mg    | Ascorbinsäure        |
| 10     | mg    | Aureomycin           |

Die Werte, besonders für die wasserlöslichen Vitamine, wurden bewußt etwas erhöht, da Untersuchungen vorliegen, die bei einer hohen Fettkonzentration im Futter eine verminderte Ausnutzung der wasserlöslichen Vitamine feststellen (ISAACKS u. Mitarb.(1963), HIVON u. Mitarb.(1964)). Die einseitig zusammengesetzte Ration wurde außerdem durch Spurenelemente ergänzt. Diese Werte sind ebenfalls den Bedarfsnormen angepaßt, die in den Nutrient Requirements of Farm Livestock No. 1 Poultry (1963) angegeben sind. Im einzelnen wurden jedem kg der fertigen Mischung folgende Mengen an Spurenelementen zugemischt:

## Tabell e i

### Spurenelementmischung

|         |                                               |                  |
|---------|-----------------------------------------------|------------------|
| 200 mg  | Eisensulfat                                   | 40,0 mg Eisen/kg |
|         | $\text{Fe SO}_4 \times 7 \text{ H}_2\text{O}$ |                  |
| 6 mg    | Kupfersulfat                                  | 2 mg Kupfer/kg   |
|         | $\text{Cu SO}_4 \times 5 \text{ H}_2\text{O}$ |                  |
| 242 mg  | Mangansulfat                                  | 55 mg Mangan/kg  |
|         | $\text{Mn SO}_4 \times 5 \text{ H}_2\text{O}$ |                  |
| 0,48 mg | Kobaltsulfat                                  | 0,1 mg Kobalt/kg |
|         | $\text{Co SO}_4 \times 7 \text{ H}_2\text{O}$ |                  |
| 66 mg   | Zinksulfat                                    | 15 mg Zink/kg    |
|         | $\text{Zn SO}_4 \times 7 \text{ H}_2\text{O}$ |                  |
| 0,40 mg | Calciumjodid                                  | 0,35 mg Jod/kg   |

Auch diese Werte liegen an der oberen Grenze der anerkannten Bedarfsnormen.

### 3.5 Technische Vorbereitung der Proben zur Untersuchung

#### 3.5.1 Zerlegung der Schlachtkörper

Anhand von 2 Abbildungen wird die Schnittführung bei der Präparation der untersuchten Muskeln bzw. Muskelgruppen verdeutlicht (s. Abb. 4 u. 5).

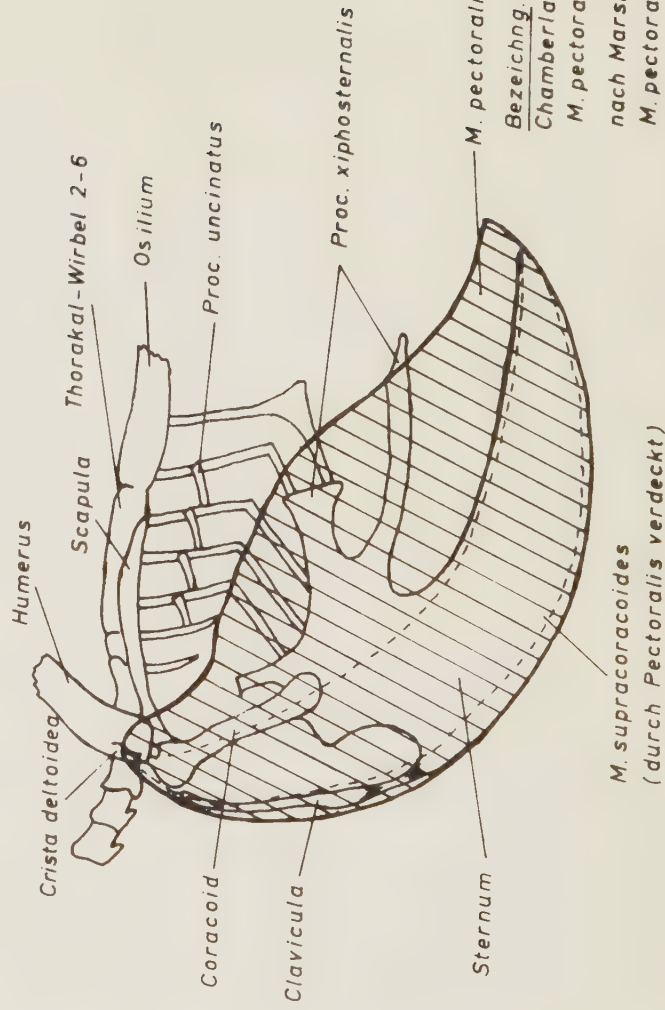
Die Tiere wurden im Alter von 56 Tagen dekapitiert, möglichst in Höhe des 4. Halswirbels, danach gerupft, ausgenommen und eingefroren. Eine zu starke Zerstörung der Zellstruktur beim Einfrieren konnte dadurch vermieden werden, daß die Tiere in einem Kühlraum auf  $+4^\circ \text{C}$  abgekühlt und erst dann eingefroren wurden. (Die Tropfverluste können so gering gehalten werden). Die Schlachtkörper waren einzeln in Plastiktüten verpackt, aus denen so weit wie möglich die Luft abgesaugt worden war. Die Tiefgefrieretemperatur betrug ca.  $-19^\circ \text{C}$ . Das Auftauen erfolgte kurz vor der weiteren Bearbeitung im Kühlschrank bei  $+4^\circ \text{C}$ , nachdem die Schlachtkörper

# Schematische Darstellung der zur Extraktion präparierten Muskeln

## Muskeln

nach Ede, verändert

### I. Oberflächlicher Brustmuskel

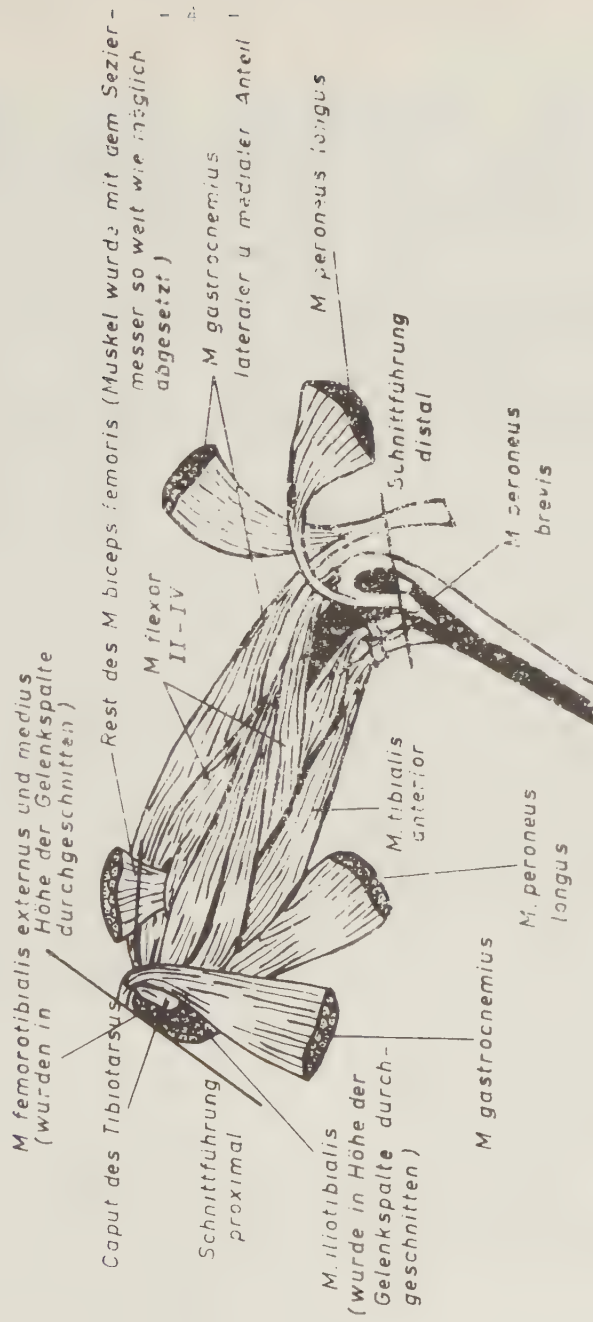


# Schematische Darstellung der zur Extraktion präparierten

## Muskeln

nach Ede, verändert

## II. Muskulatur des Tibiotarsus



Medialansicht

angetaut waren, wurden sie erneut gewogen und dann mit einer Geflügelschere in Längsrichtung getrennt. Das Bauchfett, das dem Magen anliegende Fett und das Herzkranzfett wurden präpariert, gewogen und der chemischen Analyse zugeführt.

Beide Muskeln bzw. beide Muskelgruppen wurden einer Körperhälfte entnommen, der restliche Teil dieser Körperhälfte wurde verworfen. Die andere Körperhälfte konnte dann zusammen mit der Hälfte des Magens und Herzens in halbgefrorenem Zustand und nach Herauslösen der Tibia sowie Absetzen des Ständers mit einer elektrischen Schneidemaschine zerkleinert werden. Die so vorbereitete Körperhälfte wurde dann zweimal durch einen elektrischen Fleischwolf gedreht und anschließend mit dem Ultra-Turrax homogenisiert. Die Zerkleinerung der Muskeln und Organe (Leber, Herz und Magen) dagegen erfolgte mit einer Operationsschere.

### 3.5.2 Aufbewahrung der Kotproben

In der 3., 6. und 8. Woche des Versuches wurde, wie oben bereits erwähnt, der Kot täglich gesammelt und ohne weitere Bearbeitung eingefroren. Da die Raumtemperatur bei 25-28° C lag, konnte der normale TS-Gehalt des Kotes nicht gewahrt bleiben. Da sich dieser vorgetrocknete Kot außerdem bei der Analysenvorbereitung schlecht bearbeiten ließ, wurde er durch Zusatz von dest. Wasser auf etwa 20 % TS gebracht. Der normale TS-Gehalt konnte nach einem unten dargestellten Verfahren kalkuliert werden. Nach dem Auftauen und Wasserzusatz erfolgte dann ohne Schwierigkeiten die Homogenisierung der Proben mit dem Ultra-Turrax.

## 3.6 Chemische Methoden

### 3.6.1 Fleischextraktion

Die TS-Bestimmung für Kot bedarf keiner weiteren Darstellung, die Fleischproben dagegen zeigten nach einer 3-stündigen Trocknung bei 105° C Gewichtskonstanz.

Die N-Bestimmung nach LÖFBLUND soll ebenfalls nicht näher beschrieben werden, sie wurde zur Bestimmung des N-Gehaltes der untersuchten angewandt. Als Faktor für Gelatine wurde nicht 6,25 sondern 5,5 zur Umrechnung auf Rohprotein angewandt.

Die Rohfettbestimmung im Futter und Fleisch:

Zur Extraktion feuchter Organe, Futter und Kot liegen eine Reihe von Methoden vor, die kritischer Beurteilung bedürfen. FOLCH u. Mitarb. (1957) empfehlen ein Verfahren der Extraktion im Chloroform/Methanol-System. Vereinzelt Versuche, die Extraktionsmethode nach FOLCH u. Mitarb. zu verändern, erbrachten keine genaueren Ergebnisse. (BLIGH u. Mitarb. (1959), HIVON u. Mitarb. (1964), SMITH DICK AND SMITH (1962) .

STRANDIN weist (1965) auf die Notwendigkeit eines KOL-aufschlusses hin. Allerdings vergleicht er in seinen Untersuchungen seine eigenen Ergebnisse nicht mit Werten, die durch Extraktion mit dehydrierenden Alkohol/Lösungsmittelsystemen gewonnen wurden. Da eine Untersuchung der Fettsäurezusammensetzung besonders schonende Arbeitsverfahren verlangt, wurde bei den Fleischuntersuchungen auf einen KOL-aufschluß verzichtet. Dieses ist auch begründet durch mögliche Verschiebungen im Verhältnis der freien Fettsäuren zu den anderen Fraktionen. FOLCH u. Mitarb. (1957) betonen ausdrücklich, daß die Methode quantitativ ist, nur äußerst geringe Mengen an Fett werden nicht extrahiert. (STRANDIN). Aus diesem Grunde wurde bei den Fleischextraktionen auf die Methode von FOLCH zurückgegriffen, damit bleibt auch die Vergleichsmöglichkeit mit einer Anzahl amerikanischer Arbeiten auf dem Gebiet der Fettphysiologie erhalten.

An Lösungen werden benötigt:

Gemisch Chloroform/Methanol im Verhältnis 2:1, Elektrolyt-  
lösung, für 5 l Lösung werden eingewogen:

1,0 g  $\text{CaCl}_2$

0,5 g  $\text{NaCl}$

14,5 g  $\text{NaCl}$

2,0 g Zinkacetat.

Die Elektrolytlösung wurde durch Zinkacetat ergänzt und zwar aufgrund folgender Überlegung: Die proteinfällende Wirkung des Alkohol/Lösungsmittelgemisches reicht ggf. nicht aus, eine Zugabe von Schwermetall fördert diese Ausfällung und verhindert, daß Eiweißbestandteile im Analysengang bis zur Veresterung bzw. Verseifung von der Fettfraktion nicht abgetrennt werden können. So würden quantitative Bestimmungen in gewissem Maße verfälscht.

Zur Extraktion und Reinigung der Lipide wurde nun 10 g Muskelgewebe auf Kunststoffolie eingewogen, in einen Standzylinder gegeben und mit Chloroform-Methanolgemisch homogenisiert. (Ultra-Turrax). Die insgesamt zur Extraktion verwendeten 170 ml wurden folgendermaßen zugegeben:

Je 3 mal a 50 ml zugeben, 1 Minute homogenisieren, absetzen lassen, abdekantieren. Danach erfolgt die Zugabe der restlichen 20 ml, kurzes homogenisieren, Überführen der überstehenden Flüssigkeit in den Schütteltrichter.

Nach Zugabe von 42,5 ml Elektrolytlösung trennen sich die Phasen sehr schnell. Durch Drehen der schräggehaltenen Scheidetrichter kann dieser Vorgang erheblich beschleunigt werden. Die 42,5 ml basieren auf der Annahme von 20 % TS im Fleisch. Insgesamt wird also folgendes Phasenverhältnis eingehalten: 8 Teile Chloroform, 4 Teile Methanol, 3 Teile Wasser.

Der gefüllte Scheidetrichter wurde 1 min. geschüttelt und über Nacht bei niedriger Temperatur ( $10^{\circ}\text{C}$ ) stehengelassen.

Das Ablassen der Chloroformphase erfolgt in 250 ml Rundkolben. Das Lösungsmittel konnte dann schonend und doch sehr schnell mit dem Vaporotator (Büchi) und Hochvakuumpumpe eingedampft werden.

Die Temperatur des Wasserbades betrug  $55^{\circ}$  C.

Der so erhaltene Rückstand wird dann der weiteren Verarbeitung zugeführt.

### 3.6.2 Futter- und Kotextraktion

Obwohl die Laßextraktion nach FOLCH auch auf Kot und Futter angewendet werden kann, wurde hier auf die Methode von v.d. KAMER (1949) zurückgegriffen:

Die unten dargestellte Methode ist als brauchbar anerkannt für Untersuchungen auf Fette relativ konstanter Zusammensetzung.

In Kombination mit gaschromatographischen Untersuchungen läßt sich die Genauigkeit sogar noch beträchtlich verbessern.

Es besteht dann die Möglichkeit, das mittlere Molekulargewicht der Fettsäuren genau zu kalkulieren.

An Reagentien für das Verfahren sind nötig:

2,5 %ige HCl, wozu 250 g NaCl pro Liter zugefügt werden.

96 %iger Äthylalkohol der 0,4 % Amylalkohol enthält.

Petroläther im Siedebereich  $60-80^{\circ}$  C.

Isobutylalkoholische HCl (Aufbereitung s. v.d. KAMER, 1949 und 1950).

Thymolblau 0,5 % in 50 %igem Äthylalkohol.

An Glasgeräten werden benötigt, Glaszylinder von etwa 30 cm Länge und 4 cm Durchmesser. Auf die v.d. KAMER vorgeschlagene Druckpipette kann verzichtet werden, da ein merkliches Verdunsten von Lösungsmittel während des Absaugens nicht befürchtet werden braucht.

Analysengang:

5 g Probe werden auf Plastikfolie eingewogen, in den Standzylinder überführt und mit 22 ml HCl-NaCl-Lösung versetzt. Die Probe wird 1 min. unter Rückfluß gekocht und dann in Wasser gekühlt.

Anschließend werden 40 ml Äthanol mit Amylalkohol hinzugefügt.

Gutes Abkühlen verhindert die Bildung von Äthylestern, der Amylalkoholzusatz dient ebenso wie der hohe NaCl-Zusatz zur HCl als Trennungshilfe.

Zur Extraktion der Lipide werden dann 50 ml Petroläther in den Standzylinder gegeben, dieser wird sofort mit einem Plastikstopfen verschlossen und 1 min. geschüttelt. Die Trennung der Phasen erfolgt in 10 min., sie kann durch Drehen des schrägehaltenen Kolbens beschleunigt werden.

25 ml der oberen Petrolätherschicht werden abgenommen, eingedampft und mit 2 ml Äthanol (neutral) versetzt, die freien Fettsäuren können nunmehr mit 0,1 n KOH (isobutylalkoholisch) gegen Thymolblau titriert werden.

Der Umschlagspunkt muß sehr genau eingehalten werden. Weitere 10 ml KOH genügen für Kotproben zur Verseifung. Bei höherem Fettgehalt muß natürlich entsprechend mehr genommen werden.

Die Verseifung erfolgt, wenn gaschromatographische Untersuchungen folgen sollen, unter  $\text{CO}_2$  oder  $\text{N}_2$ -Atmosphäre, 30-minütiges Kochen unter Rückfluß ist ausreichend. Der heißen Lösung werden dann 10 ml neutraler Äthylalkohol beigelegt, der Überschuß an Alkali wird dann bis nach gelb titriert.

Die Abtrennung des Unverseifbaren erfolgt am günstigsten im Scheidetrichter. Hierzu wird der Inhalt des Kölbchens eingedampft (unter Vakuum), mit Chloroform-Methanol-Elektrolytlösung im Verhältnis 8:4:3 aufgenommen und in einen Scheidetrichter überführt. Nach Ansäuern mit konzentrierter Schwefelsäure, können die freigesetzten Fettsäuren extrahiert werden. Die Chloroformphase mit den Fettsäuren wird der Veresterung zugeführt, die weiter unten beschrieben ist. Das Verfahren dient zusätzlich der Reinigung. Die Ansäuerung kann auch vorgenommen werden, wenn die Elektrolytlösung zunächst zugegeben wird; die Chloroform-Methanol-Mischung wird dann nachträglich hinzugefügt.

Sehr vorteilhaft läßt sich die titrierte Fettmenge berechnen, wenn gleichzeitig gaschromatographische Untersuchungen gemacht werden. Man ist dann nicht auf das geschätzte durchschnittliche mittlere Molekulargewicht angewiesen. Aus der gaschrom. Analyse läßt sich dieses vielmehr zu jeder Analyse berechnen (Glycerinanteil bei Berechnung des Neutralfettes muß beachtet werden).

Bei 25 % C 16, 50 % C 18 und 25 % C 18 : 1 beträgt das mittlere Molekulargewicht also 279,5. Doppelbindungen wirken sich kaum aus. Als Glycerinanteil werden 13 addiert: Glycerinanteil = 31 minus Molekulargewicht des abgespaltenen Wassers 18=13. Es wird hier darauf aufmerksam gemacht, daß die von v.d. KAMER angegebenen Werte zu hoch sind, worauf auch v. PELCHRZIM (1957) aufmerksam macht.

Die Berechnung erfolgt nach den Formeln:

$$\text{g Fettsäure in } 100 \text{ g Kot} = \frac{A \cdot M \cdot 1,04 \cdot 2 \cdot 100}{E \cdot 10 \cdot 1000} = \frac{A \cdot M \cdot 2,08}{E \cdot 100}$$

$$\text{g Neutralfett in } 100 \text{ g Kot} = \frac{(B-C) \cdot M \cdot 1,01 \cdot 2 \cdot 100}{E \cdot 10 \cdot 1000} = \frac{(B-C) \cdot M \cdot 2,02}{E \cdot 100}$$

A = ml 0,1 n isobutylalkoholische KOH

B = ml 0,1 n HCl, bei Blindprobe zur Titration von 10 ml isobutylalkoholischer KOH verbraucht

C = 0,1 n HCl bei der Titration verbraucht

M = durchschnittl. Molekulargewicht der Fettsäuren nach gaschrom. Analyse berechnet, entspricht einem m val KOH, Division durch 1000 zur Umrechnung auf g.

1,04 = Faktor, der den Verlust der in die Alkohol-Wasserphase übergegangenen Fettsäuren und die Volumenzunahme des Petroläthers berücksichtigt.

1,01 = Faktor, der nur die Volumenzunahme des Petroläthers berücksichtigt.

Triglyceride treten erfahrungsgemäß nicht in die Alkohol-Wasserphase ein.

Das Ergebnis wird mit 2 multipliziert, weil von den 50 ml der Petrolätherphase nur 25 abgenommen wurden.

Das Verfahren wurde zur Bestimmung der Futterfette angewandt und erbrachte eine hervorragende Übereinstimmung mit der gravimetrischen Fettbestimmung. Für Kotanalyse dürfte das Verfahren noch genauer sein, da die Fettbegleitstoffe bei der Titration nicht mitbestimmt werden (Steroide, Gallensäuren, Cholesterin).

Da das oben beschriebene Verfahren für Reihenuntersuchungen relativ aufwendig ist, wurde die Kotfettbestimmung gravimetrisch durch Eindampfen von 10 ml der Petrolätherphase durchgeführt. Mit den verbleibenden 40 ml dieser Phase wurde wie beschrieben verfahren, nur daß nach der Verseifung auf die Rücktitration verzichtet werden konnte.

---

Anmerkung: Die Berechnung des durchschnittlichen Molekulargewichtes eines Triglyceridgemisches wurde nach folgenden einfachen Verfahren vorgenommen:

Beispiel: C 8 = 159, C 10 = 187 für jeweils 2 C-Atome werden 28 addiert.

C 18 also = 299, C 18 : 1 = 297, C 18 : 2 = 295 etc.

Das durchschnittliche Molekulargewicht M wird dann nach folgender Formel berechnet:

$$\bar{M} = \frac{M_1 \cdot P_1}{100} + \frac{M_2 \cdot P_2}{100} + \frac{M_n \cdot P_n}{100}$$

$M_{1,2,n}$  Molekulargewicht der einzelnen Fettsäuren

$P_{1,2,n}$  Prozentualer Anteil der einzelnen Fettsäuren.

### 3.6.3 Veresterungsmethoden

STOFFEL u. Mitarb. (1959) zeigen, daß Anwesenheit von Wasser die Umesterung oder Veresterung negativ beeinflussen können. Aus diesem Grunde wurde die Chloroformphase vor der eigentlichen Veresterung über vorher geglühtem Na-Sulfat getrocknet. (Pro 10 g Fleisch oder Leber wurden vor Ablassen der Chloroformphase 2 g  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  auf das Filter gegeben).

In saurem Medium ist nämlich die Elektronenabgabefähigkeit des Sauerstoffs aus dem Wasser höher als die aus dem Methanol. Die Petrolätherphase wurde bei der Kotextraktion vor der Veresterung über vorher geglühtem  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (2 g) beim Filtrieren mit Blauband-Filter getrocknet.

Zur eigentlichen Veresterung standen 2 Verfahren zur Verfügung.

Nach SADINI, 1962: Direkte Umesterung größerer, vorher über  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  getrockneter Fettmengen.

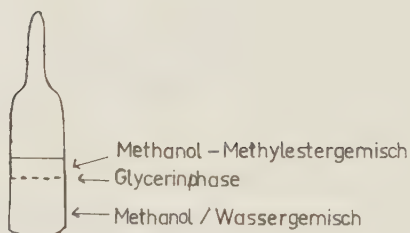
Katalysatorgemisch:

1,75 g Zinkchlorid trocken  
0,5 g Zinkstaub  
50 ml Methanol reinst

1,75 g Zinkchlorid werden in ein 50 ml-Kölbchen eingewogen und über kleiner Flamme geschmolzen. Die Substanz wird dann mit Methanol gelöst, der Zinkstaub zugegeben und das Kölbchen auf 50 ml mit Methanol aufgefüllt. 0,5 ml dieses Katalysatorgemisches genügen für 1 g zu veresterndes Fett.

Die eigentliche Veresterung erfolgt in 2 ml Glasampullen, in die das Fett und Katalysatorgemisch gegeben werden.

Die Ampulle wird leicht über dem Bunsenbrenner erhitzt, so daß in der Ampulle eine Methanolphase entsteht, dann zugeschmolzen und drei Tage bei  $105^\circ\text{C}$  im Trockenschrank gehalten. Die Veresterung verläuft vollständig. Eine vorherige Verseifung ist nicht nötig.



Die Methylester setzen sich über Wasser, Methanol und Glycerin ab.

Bei der Aufgabe der Methylester auf die Trennsäule muß streng darauf geachtet werden, daß weder Glycerin noch Wasser mit eingespritzt werden, da die Trennfähigkeit der Säule dann sehr schnell abnimmt (PRABUCKI 1969).

Das Verfahren erweist sich bei reinen Speise- und Schlachtfetten als sehr brauchbar und ist der Schwefelsäure-Methanol-Veresterung ebenso überlegen, wie der von SZÖKE u. Mitarb. (1965) vorgeschlagenen Methode. Die von SEHER u. Mitarb. (1965) und KAUFMANN und MANKEL (1963) angestellten Vergleiche berücksichtigen obiges Verfahren nicht.

Wurde das extrahierte Fett zur Abtrennung des Unverseifbaren vorher verseift, lagen also die Fettsäuren nach Ansäuern vor, so konnte das Standardverfahren nach METCALFE u. Mitarb. (1961) angewendet werden.

### 3.6.4 Gaschromatographische Analysen

Die Methylester wurden in zugeschmolzenen Ampullen bei  $-18^{\circ}\text{C}$  bis zur gaschromatographischen Analyse aufbewahrt. Für die Untersuchungen stand das 2-Säulengerät F 7 der Fa. Perkin-Elmer/Überlingen zur Verfügung.

Die Peaks wurden mit einem Hitachi-Flachpultschreiber aufgezeichnet.

Angaben über die verwendeten Trennsäulen:

Länge: 2 m

Außendurchmesser: 4 mm

Trägermaterial: Celite 545/60/100 mesh

Stationäre Phase: Äthylenglykolsuccinat

Gewichtsprozent der stationären Phase: 15 %.

Angaben über die Analysenbedingungen des Gerätes:

2 Säulenbetrieb mit Driftkompensation

Die Registrierung der Einzelkomponenten erfolgte mit Hilfe eines  
Flammenionisationsdetektors.

Trägergas: N<sub>2</sub> 25 ml/min.

Brenngas: H<sub>2</sub> 40 ml/min.

Synthet. Luft: 200 ml/min.

Einspritzblocktemperatur: 300°.

Detektor-: Fid

Fid-Temperatur und Leitungen: 320°.

Um optimale Trennbedingungen zu erreichen, wurden die Analysen  
mit linearem Temperaturprogramm durchgeführt:

Einspritzmenge: ca 0,5 mc<sup>μ</sup>

Einlaufzeit: 1 min.

Einlauftemperatur: 135° C

Heizrate: 15° C/min.

Endtemperatur: 195° C

Analysendauer: ca 20° Minuten - 60 Minuten bei Leberlipiden.

Die Eichung der erhaltenen Chromatogramme erfolgte durch Berechnung von Korrekturfaktoren nach einem Testgemisch bekannter gewichtsmäßiger Zusammensetzung. Eine Berechnung der Korrekturfaktoren erfolgte regelmäßig im Laufe einer Analysenserie etwa nach jeweils 50 Analysen. Jede Einzelanalyse wurde 3 mal durchgeführt. Die erste Analyse konnte verworfen werden, um den geringen "memory-effect" auszuschalten; aus den 2 verbleibenden Analyseergebnissen wurde das Mittel berechnet.

Die Wiederholbarkeit der Analyseergebnisse kann als sehr gut bezeichnet werden.

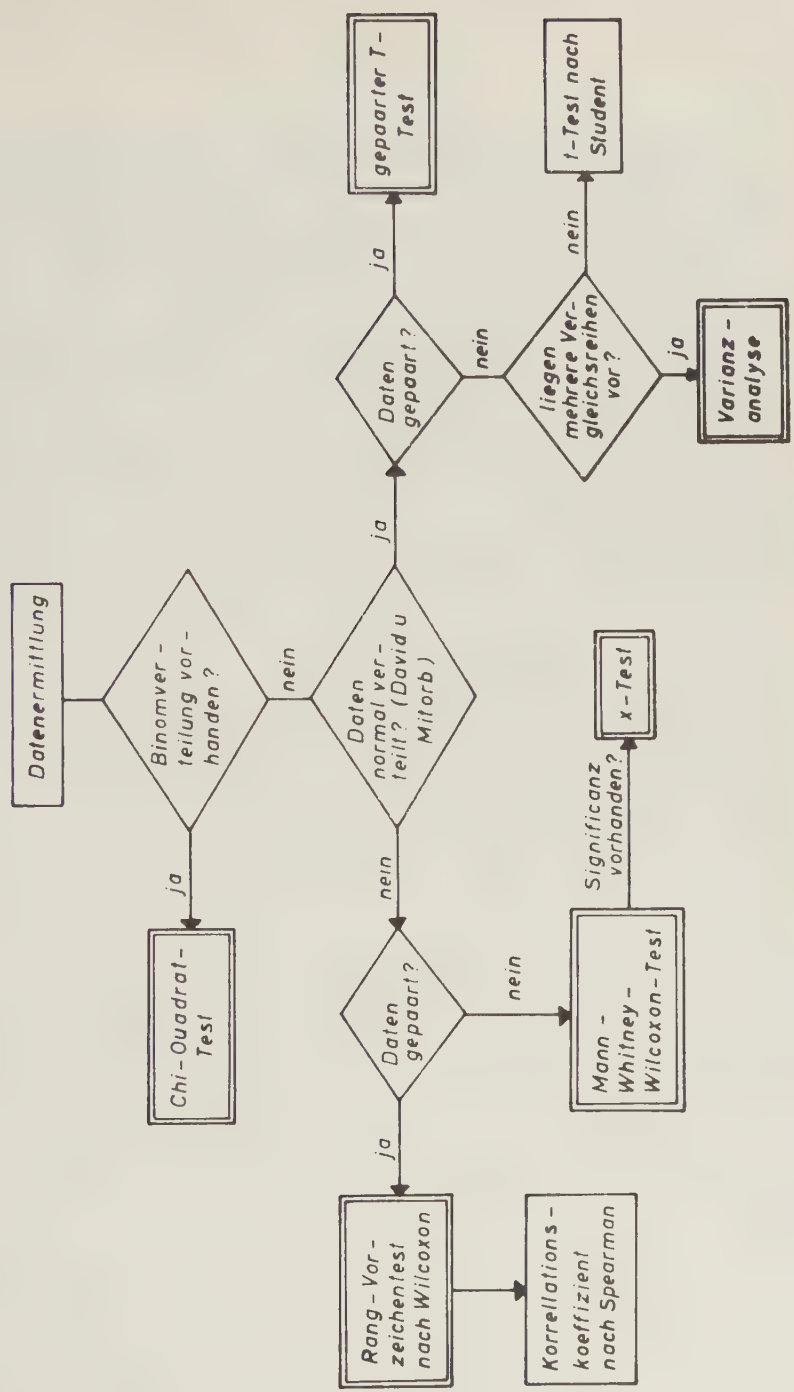
Die qualitative Auswertung wurde mit reinen Testsubstanzen vorgenommen, so daß nach der Methode von EVANS u. Mitarb. (1962) eine Identifizierung mit Hilfe der Elutionsvolumina in halb-logarithmischer Darstellung vorgenommen wurde. Gute Erfahrungen wurden mit der Ausmessung mittels Halbwertsbreite mal Höhe gemacht, die eine annehmbare Wiederholbarkeit zeigte. Die Halbwertsbreite wurde mit der Meßlupe festgestellt. Eine regelmäßige spitze Dreiecksform der Peaks ist Grundbedingung für genügend genaue Ergebnisse.

### 3.6.5 Die statistische Auswertung der Versuche

Grundsätzlich wurde bei der statistischen Beurteilung nach einem System vorgegangen, wie es in Abb. Nr. 6 vorgeschlagen wird.

Abb. 6 Schematische Darstellung der statistischen Bewertungs-  
möglichkeiten biologischer Daten

nach Spechtmeyer, verändert



Die Normalverteilung wurde nach DAVID u. Mitarb. geprüft. Lag diese nicht vor, wurde gleichzeitig auf die Auswertung nach dem Chi-Quadrat-Test und nach dem T-Test verzichtet.

Auf Regressionsanalysen wurde, wenn möglich, verzichtet. Korrelationsanalysen erfolgten nach SPEARMAN.

Da sich für Versuchsumfänge unter 20 Tieren keine genügende Annäherung an die Normalverteilung ergab, wurde hier grundsätzlich der U-Test oder X-Test angewandt. Die Korrelationskoeffizienten sind trotz dieser Überlegungen berechnet worden, ihre Interpretation erfolgte aber mit großer Vorsicht, gleiches gilt für die Standardabweichung.

Eine Prüfung auf Vorliegen einer Normalverteilung erfolgte nach DAVID u. Mitarb. (1954), nach der Formel:

$$\frac{\text{Spannweite}}{\text{Standardabweichung}} = \frac{R}{S}$$

Die für den U-Test angewandten Formeln lauten:

$$U_1 = n_1 \cdot n_2 + \frac{n_1(n_1+1)}{2} - R_1$$

$$U_2 = n_1 - n_2 + \frac{n_2(n_2+1)}{2} - R_2$$

R ist die jeweilige Summe der Rangzahlen.

Die gesuchte Prüfgröße ist das kleinere U. Die Nullhypothese  $n_1 = n_2$  wird verworfen, falls dieses U kleiner oder gleich dem tabellierten Wert  $U_{n_1/n_2, \alpha}$  ist. Dabei bedeutet  $\alpha$  die Irrtumswahrscheinlichkeit.

Die Formel für den Korrelationskoeffizienten nach SPEARMAN lautet:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum D^2}{n(n^2-1)}$$

Da ein verteilungsfreies Verfahren für die Berechnung der Regressionsgeraden nicht zur Verfügung stand, wurde weitgehend auf die Berechnung verzichtet. Wenn nötig, erfolgt die Berechnung des von der Normalverteilung abgeleiteten Regressionskoeffizienten nach der bekannten Formel.

#### 4. Ergebnisse und Diskussion

##### 4.1 Wachstumsverlauf, Zunahmen, Futterverwertung

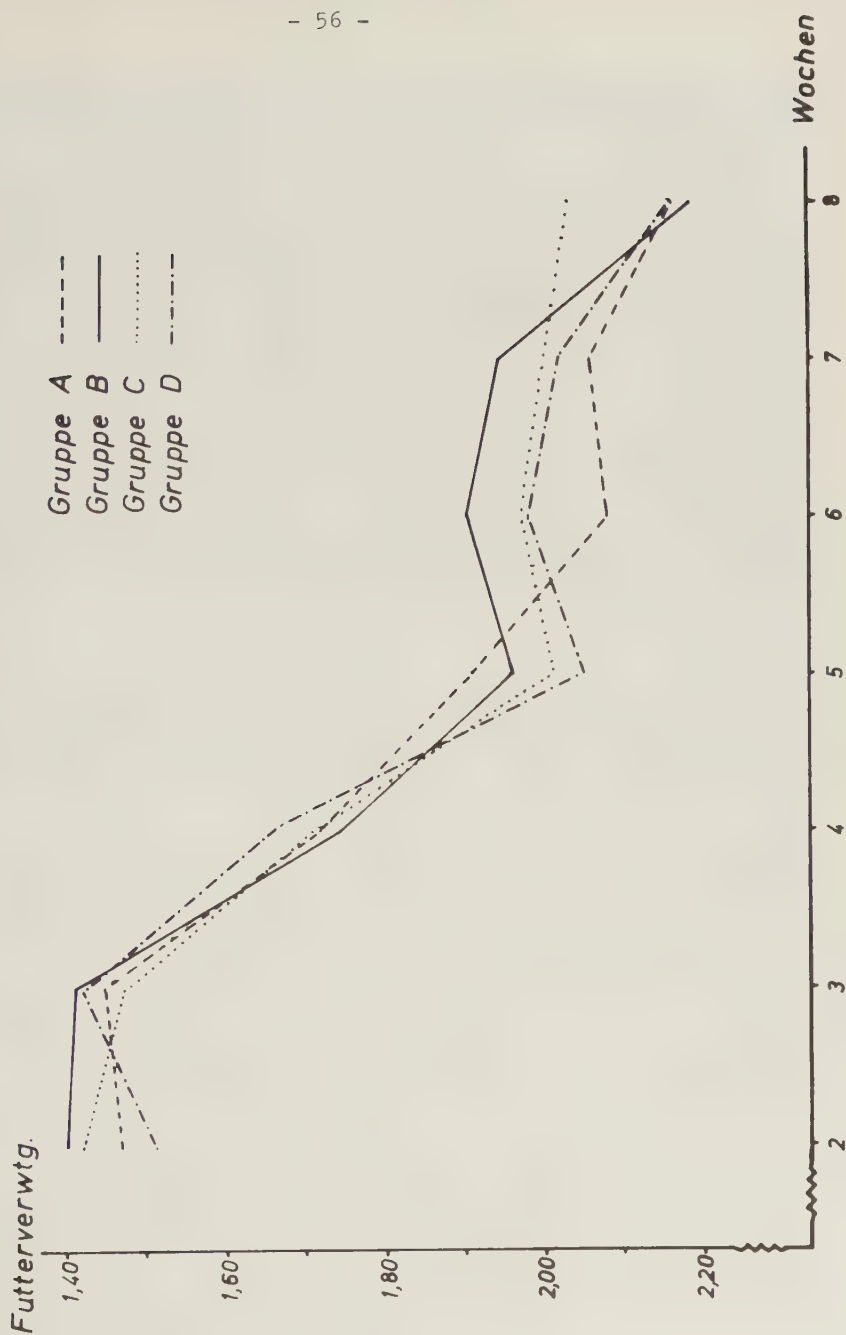
4.1.1 Der Wachstumsverlauf wurde durch die restriktive Fütterung maßgeblich beeinflusst. Die Futterzuteilung lag unter dem optimalen Versorgungsgrad, da die Tiere mit niedrigsten Futteraufnahmevermögen die Zuteilungen bestimmten. Es war jedoch, wie oben erwähnt, nicht möglich, alle Tiere völlig gleichmäßig mit Futter zu versorgen, zumal besonders in Gruppe A Durchfälle auftraten, von denen wiederum die Tiere 4 und 8 am stärksten betroffen waren. Diesen Tieren mußte für bestimmte Zeitabschnitte das Futter entzogen werden, gleiches gilt für die Gruppe E (ohne Fettzusatz). In Tabelle I des Anhanges sind die Gesamtverzehrsmengen nach Tieren und Gruppen aufgeschlüsselt wiedergegeben. Tabelle II zeigt die Endgewichte und durchschnittlichen Zunahmen aufgeschlüsselt nach Lebenswochen.

Tabelle III zeigt die Futterverwertung.

Der Verlauf der Futterverwertung in den Wochen nach der Vorperiode von einer Woche ist für die Gruppen A und B auf Abbildung 7 dargestellt.

# Verlauf der durchschnittlichen Futterverwertung

von der 2. - 8. Woche



Die Zunahmen und die Futterverwertung liegen besser als 1:2, obwohl die Tiere in Einzelhaltung nicht Optimalbedingungen geboten bekamen.

Am besten ist die Gruppe B zu beurteilen, die Cocosfett mit emulgierenden Substanzen (Soja-Lecithin und Glycerin-mono-distearat) erhielt. Die statistische Absicherung gegenüber der Gruppe A ohne Emulgatorzusatz liegt zwar nur auf dem 90 % Niveau, ist aber für alle 7 Versuchswochen möglich.

Die Gruppen C und D liegen mit ihren durchschnittlichen Endgewichten genau zwischen den Endgewichten von A und B. Ein Einfluß der Emulgatoren auf die Endgewichte der Gruppe D ist statistisch nicht abzusichern, war allerdings auch nicht zu erwarten, da das Sonnenblumenöl, kalt geschlagen, an sich schon einen gewissen Prozentsatz an Phospholipiden enthält. Gruppe E erreicht mit etwa 1 100 g Endgewicht nicht annähernd die Gewichte der anderen Gruppen, die um  $\frac{1}{3}$  höher liegen.

4.1.2 Die Futterverwertung fällt von durchschnittlich 1:1,4 in der 2. Woche auf 1:2,1 in der 8. Woche, ist aber auf den gesamten Versuchszeitraum bezogen, besser als 1:2, abgesehen von Gruppe E (ohne Fettzusatz).

Auch in der Futterverwertung zeigt ein Vergleich zwischen den Gruppen A und B, daß die Gruppe mit Emulgatorzusatz ein wenig günstiger abschneidet. Die Differenzen sind allerdings nur in der 2. und 7. Woche auf dem 90 % Niveau abzusichern, insgesamt in der 2.-8. Woche ist die Futterverwertung von Gruppe B im Vergleich zu Gruppe A zwar nur wenig besser, aber auch diese Differenz ist mit  $\alpha = 0,1$  gesichert. Gruppe C und D, die Sonnenblumenölgruppen, haben dieselbe Futterverwertung.

Anzumerken bleibt, daß die Unterschiede zwischen A und B noch deutlicher wären, wenn die Gruppe B in der 8. Woche von Durchfall verschont geblieben wäre. Hier fiel die Verwertung von 1:1,94 in der 7. Woche auf 1:2,18 in der 8. Woche, wie Darstellung Nr. 7 veranschaulicht. Der Abfall der Futterverwertung von der 2. bis zur 8. Woche ist recht stark.

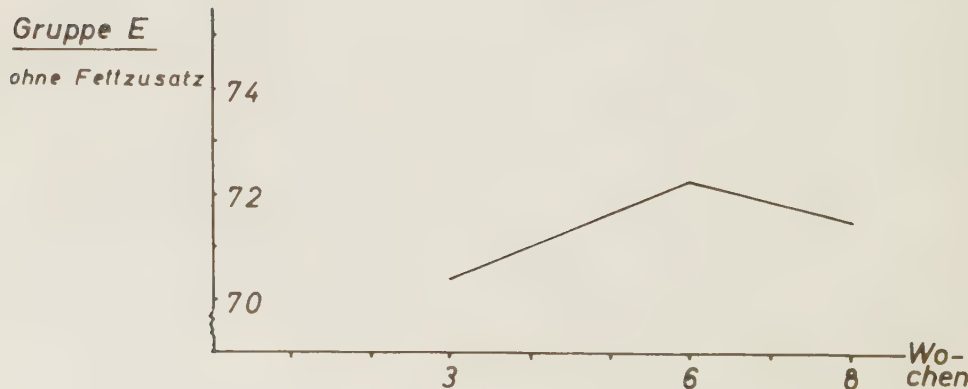
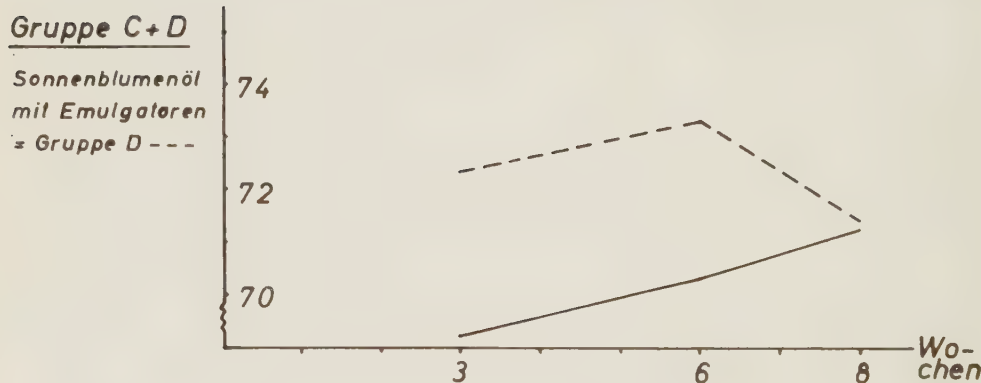
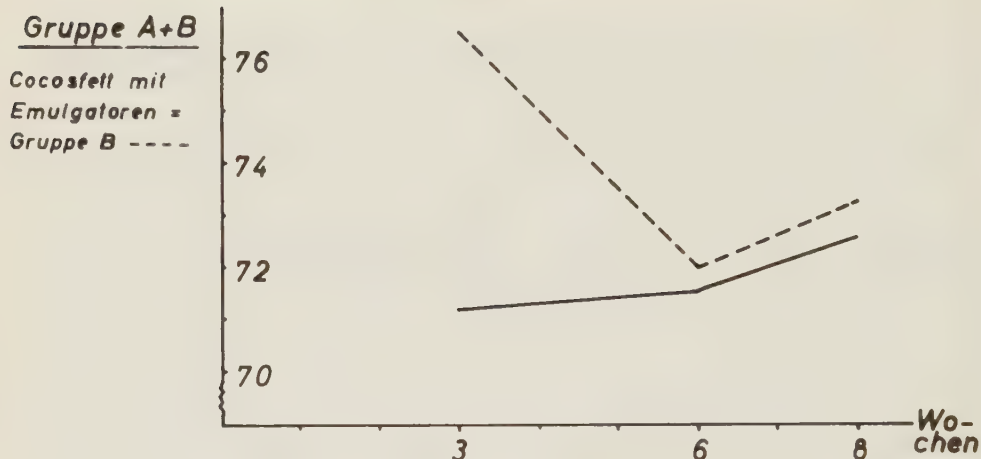
Wie später gezeigt wird, ist er nicht durch ein Absinken der Fettverdaulichkeit bedingt, da diese nur geringfügig absinkt. Das Wechseln des Federkleides von der 3. bis zur 5. Woche ist begleitet von der Verschlechterung der Futterverwertung vorher (2. und 3. Woche) und danach 5.-8. Woche ist die Verwertung wieder relativ konstant. Ob der Federwechsel Hauptursache oder Begleitsymptom dieses Abfalles ist, sei dahingestellt. Es können vor allem Fragen des Grundumsatzes bei der Beurteilung dieses Problems eine Rolle spielen.

#### 4.2 Verdaulichkeitsfragen

##### 4.2.1 Die TS-Verdaulichkeit wird in Abb. Nr. 8 dargestellt.

Abb. 8

# Scheinbare TS-Verdaulichkeit in der 3.-8. Woche



Der Emulgatorzusatz wirkt sich hier bei beiden Fettarten positiv aus, wie deutlich zu erkennen ist.

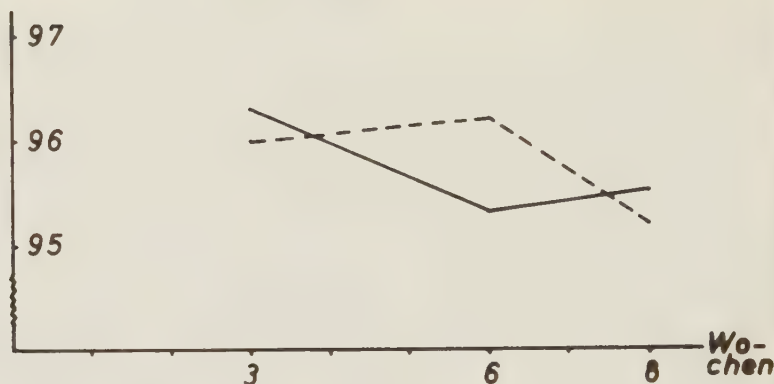
Die Ablehnung der Nullhypothese erfolgte im Vergleich der Gruppen A und B in der 3. Woche mit  $\alpha = 0,1$  ebenso in der 8. Woche, die Unterschiede in der 6. Woche sind so gering, daß sie statistisch nicht gesichert werden können. Bei Gruppe C und D ist, wie die Darstellung vermuten läßt, der Unterschied in der 8. Woche nicht zu sichern, mit  $\alpha = 0,01$  dagegen lassen sich diese in der 6. Woche und mit  $\alpha = 0,1$  in der 3. Woche absichern. Insgesamt weisen die Cocosfettgruppen eine günstigere scheinbare TS-Verdaulichkeit auf als die Sonnenblumenölgruppen. Die TS-Verdaulichkeit der Gruppe E ohne Fettzusatz liegt etwa im Bereich der Rationen mit Fettzusatz aber ohne Emulgatorzusatz. Eine gesicherte Korrelation zwischen der TS-Verdaulichkeit und der Wasserausscheidung ließ sich nur für Gruppe E mit  $-0,59$  in der 6. Woche und  $-0,52$  in der 8. Woche statistisch ( $\alpha = 0,1$ ) absichern. Dazu muß angemerkt werden, daß die Wasseraufnahme ad libitum erfolgte. Die Kot-TS-Werte wurden durch verspritztes Wasser einerseits und durch Abtrocknen des Kotes auf den Blechen andererseits recht großen Fehlern unterworfen. Immerhin muß aber auf die Verringerung der Durchfallanfälligkeit der Gruppe B hingewiesen werden, die sich in den Kot-TS-Werten ebenso dokumentiert, wie in der Gesamtfuttermittelaufnahme, die bei Durchfall deutlich herabgesetzt war.

4.2.2 Die Fettverdaulichkeit liegt im Durchschnitt bei allen Gruppen über 90 %, abgesehen von Gruppe E, der aus dem extrahierten Sojamehl und aus der Stärke nur sehr wenig Fett angeboten wurde.

Scheinbare Fett-Verdaulichkeit in der  
3.-8. Woche

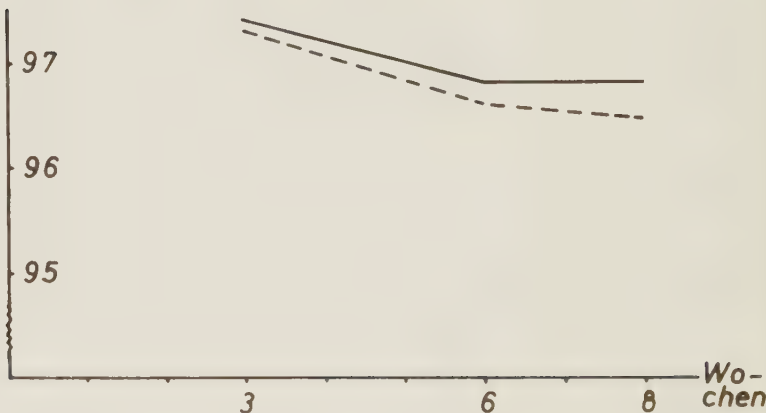
Gruppe A+B

Cocosfett mit  
Emulgatoren =  
Gruppe B ----



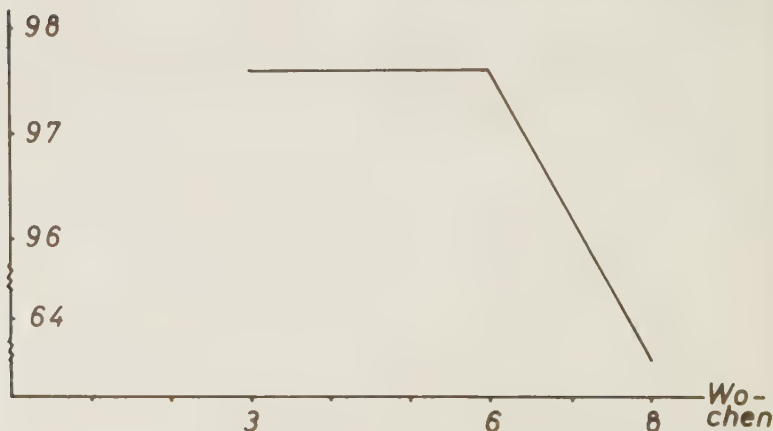
Gruppe C+D

Sonnenblumenöl  
mit Emulgatoren  
= Gruppe D ----



Gruppe E

ohne Fettzusatz



Die Abbildung Nr. 9 zeigt den Verdaulichkeitsabfall der Gruppe E nach der 6. Woche, der vornehmlich auf Durchfall zurückzuführen ist. Der Abfall der Fettverdaulichkeit ließ zunächst vermuten, daß ein systematischer Fehler vorlag, was jedoch nicht bestätigt werden konnte. Immerhin kann angenommen werden, daß die scheinbare Verdaulichkeit durch den Durchfallauftritt in der 7. Woche so stark gesenkt wurde. Gaschromatographische Untersuchungen dieses Kotfettes zeigten ein sehr heterogenes Bild, Auftreten von Nebenspeaks, Überlagerungen, so daß auf eine Wiedergabe der Werte verzichtet werden muß. Die scheinbare Verdaulichkeit der Fette ist ohne Zusatz schon so hoch, daß nach Zugabe von Emulgatoren kaum ein Effekt erwartet werden kann. So lassen sich die Unterschiede zwischen Gruppe C und D auch nicht sichern. Es kann aber für Gruppe A und B in der 6. Woche die Nullhypothese mit  $\alpha = 0,05$  abgelehnt werden. Insgesamt zeigen Gruppe A und B, wenn man die scheinbare Verdaulichkeit der 3. Woche einfach, die der 6. und 8. Woche mit doppeltem Gewicht rechnet, gleiche scheinbare Verdaulichkeit von 95,7 %. Gruppe C erreicht dann 96,9 % und Gruppe D 96,6 % scheinbare Verdaulichkeit. Signifikante Korrelationen lassen sich errechnen zwischen der Wasserausscheidung und der Gesamtfettverdaulichkeit.

T a b e l l e 8

Korrelationen zwischen Wassergehalt des Kotes und scheinbarer Verdaulichkeit des Fettes

| Gruppe   | A        | B     | C        | D     | E         |
|----------|----------|-------|----------|-------|-----------|
| 6. Woche | -0,64 *) | -0,31 | -0,36    | -0,29 | -0,24     |
| 8. Woche | -0,42    | -0,41 | -0,69**) | -0,12 | -0,81***) |

-----  
\*)  $\alpha = 0,05$ ; \*\*)  $\alpha = 0,025$ ; \*\*\*)  $\alpha = 0,01$ .

Die scheinbare Fettverdaulichkeit ist innerhalb der Gruppen nur geringen Schwankungen unterworfen.

Die relativ hohen Korrelationen zwischen den Wochen etwa der Gruppe A betrugen

3. und 6. Woche  $r = +0,76^{**}$ )

3. und 8. Woche  $r = +0,52^{*}$ )

6. und 8. Woche  $r = +0,72^{**}$ )

Sie sind teils durch den Kotwassergehalt bedingt. Denn auch hier zeigen statistische Nachprüfungen, daß Tiere mit relativ hohem Wassergehalt in der 3. Woche, diesen auch in der 6. und 8. Woche aufweisen.

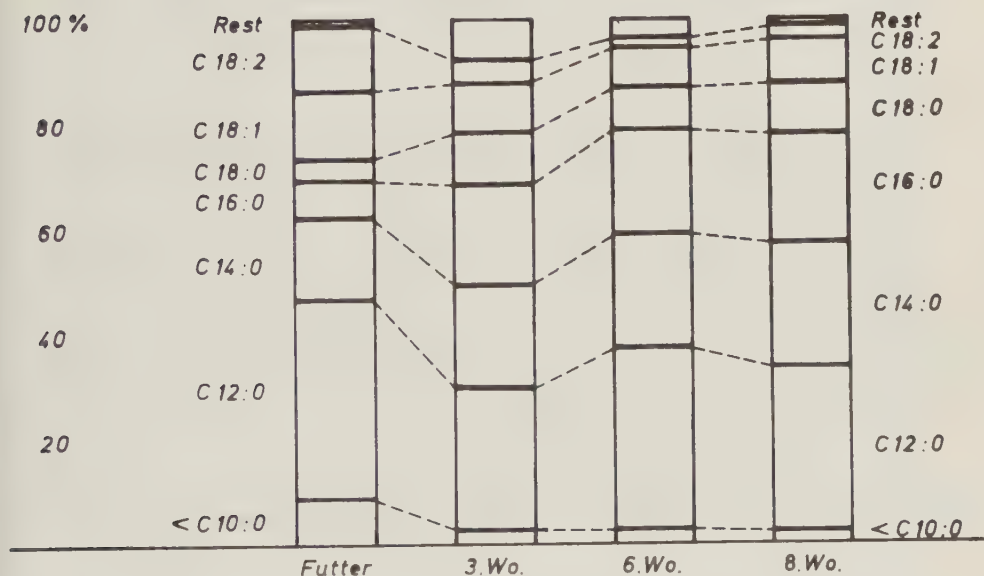
Die Zusammenhänge zwischen der Futterverwertung und der Fettverdaulichkeit sind nur gering und konnten rechnerisch nicht gesichert werden. Die scheinbare Verdaulichkeit ist in der 3., 6. und 8. Woche nahezu gleich. Die leichte Depression beruht mit zunehmendem Lebensalter teils auf erhöhtem Wassergehalt des Kotes, teils aber auch auf einer "Überladung" des Tierkörpers mit Fett, sobald die physiologischen Depots mit Fett aufgefüllt sind. Es ist also anzunehmen, daß das Fettaufnahmevermögen des Tieres mit zunehmender Verfettung abnimmt.

#### 4.2.3 Scheinbare Verdaulichkeit von Einzelfettsäuren

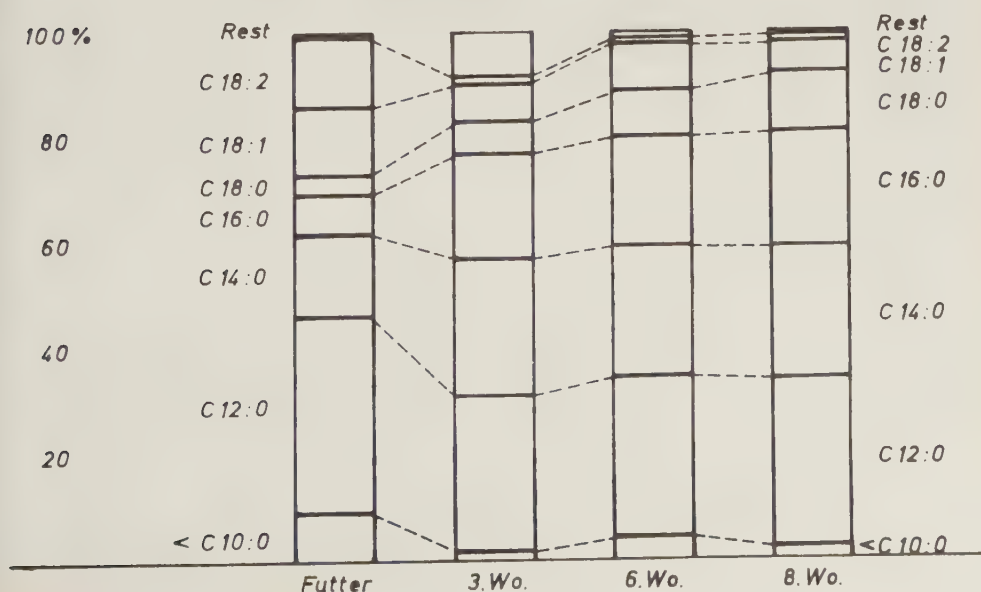
Um den Grad der heterolipiden Reaktionsnorm des Broilers beurteilen zu können, wurden Verdaulichkeitsstudien der einzelnen Fettsäuren angestellt.

# Die qualitative Zusammensetzung des Kolfelles

## Gruppe A

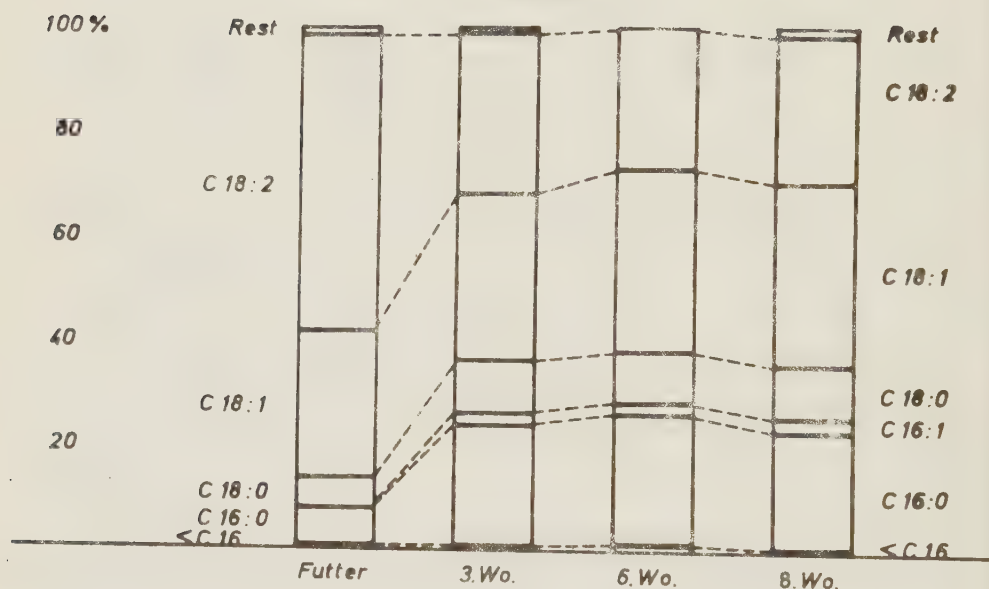


## Gruppe B

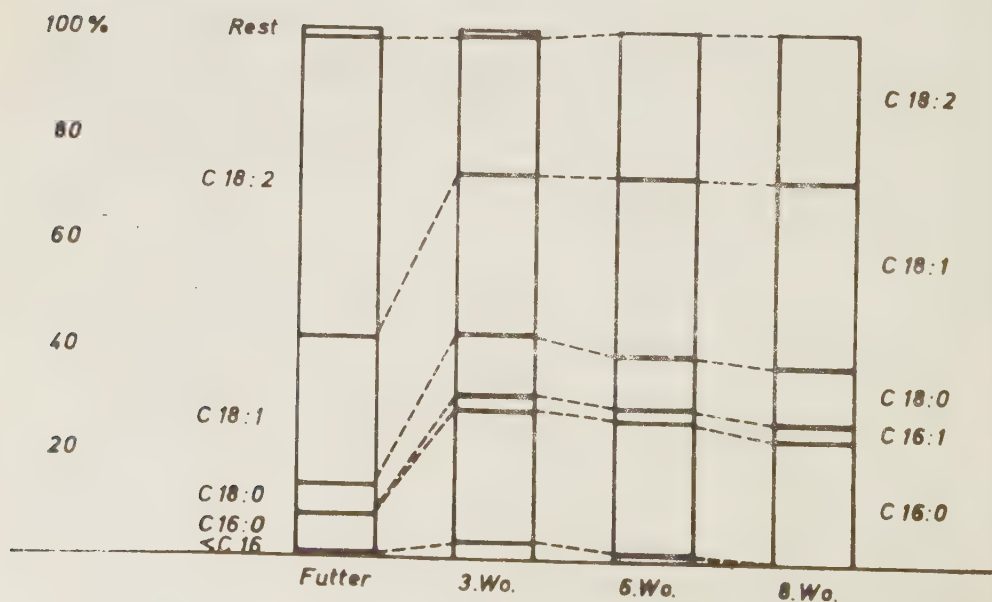


# Die qualitative Zusammensetzung des Kolffelles

## Gruppe C



## Gruppe D

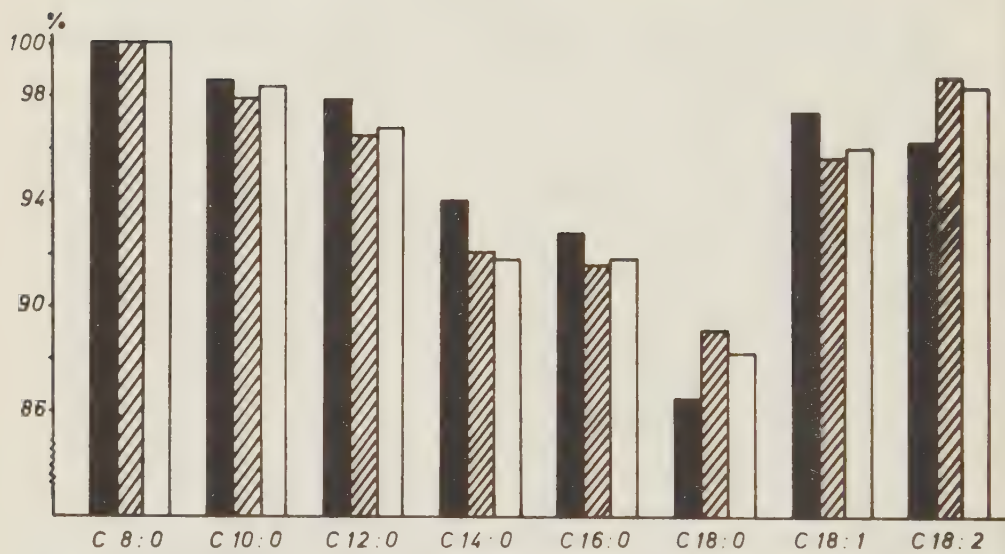


Die qualitative Vergrößerung des Anteiles an C 14 im Kot, wie sie aus Darstellung Nr. 10 zu ersehen ist, dürfte nicht allein auf eine schlechtere Verdaulichkeit der Myristinsäure zurückzuführen sein, sondern auch auf C 12-Verlängerung zu C 14 durch die Darmbakterien.

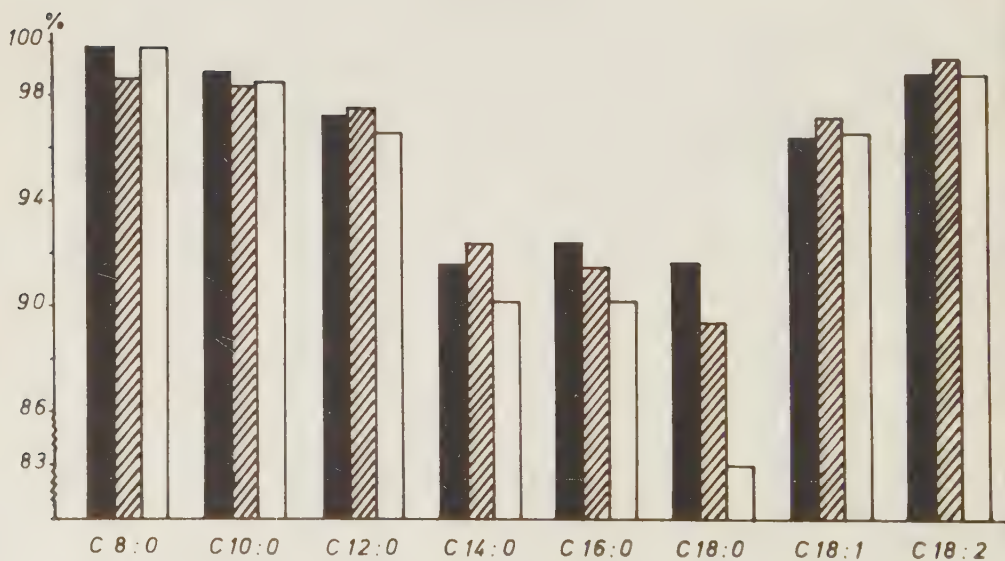
Die Darstellungen 10 und 11 zeigen außerdem, daß die Unterschiede zwischen dritter, sechster und achter Woche nur gering sind. Zur Art der Darstellung sei vermerkt, daß die gestrichelten Linien nur als Sichthilfen gedacht sind. Die scheinbare Verdaulichkeit von Laurinsäure ist trotz dieser Überlegungen als sehr hoch zu veranschlagen, da bei den hohen Futterfettgaben, - ein Tier verzehrte in den 8 Wochen fast 600 g Fett, - der endogene Anteil im Kot nur geringe Bedeutung hat. Obwohl ein sehr geringes Angebot an C 18 im Futter vorhanden ist, beträgt der prozentuale Anteil im Kot das 3-fache des Futters. Diese Beobachtung kann auf die Palmitinsäure übertragen werden. Deutlich beweist dieses Ergebnis, daß das Tier keine oder nur geringe Möglichkeiten zur selektiven Resorption von langkettigen Fettsäuren hat, die schlechte Verdaulichkeit bleibt also erhalten, auch bei Anwesenheit von ungesättigten Fettsäuren und Emulgatoren. Immerhin deutet sich ein geringer, verbessernder Einfluß auf die Stearinsäureverdaulichkeit an, wenn man Gruppe A und B einander gegenüberstellt. Außerdem gleicht die qualitative Zusammensetzung des Kotfettes von Gruppe B etwas stärker der des Futters als das von Gruppe A. Die quantitativ berechneten Werte für die scheinbare Verdaulichkeit, dargestellt in Abb. 12 und 13, bestätigen diese Ergebnisse.

Scheinbare Verdaulichkeit der Fettsäuren

## Gruppe A



## Gruppe B



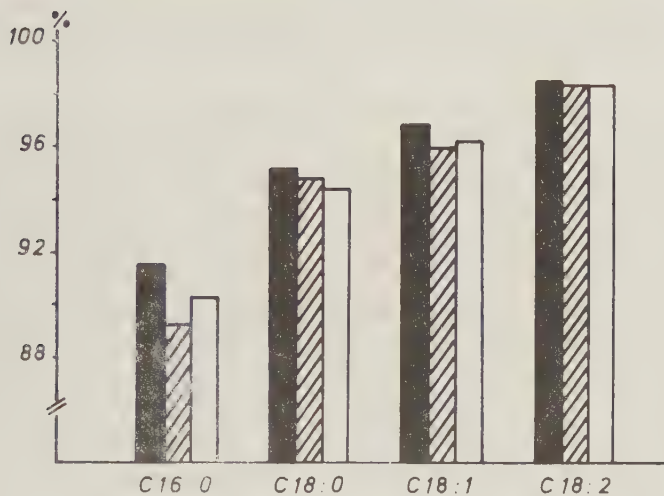
■ = 3. Woche

▨ = 6. Woche

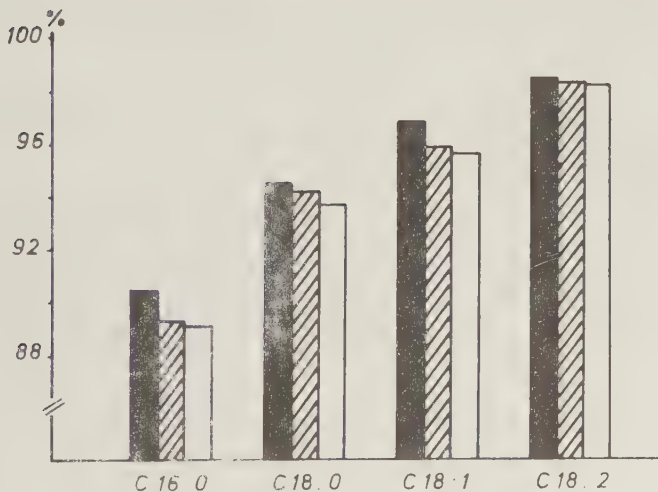
□ = 8. Woche

Scheinbare Verdaulichkeit der Fettsäuren

Gruppe C



Gruppe D



■ = 3. Woche

▨ = 6. Woche

□ = 8. Woche

"Nebenspeaks" im Gaschromatogramm traten nur für die 3. Woche in bemerkenswertem Ausmaße auf. Sie wurden für die Auswertung nicht berücksichtigt.

Durch mathematische Berechnungen läßt sich nachweisen, daß die Palmitinsäureverdaulichkeit ansteigt, wenn die Kot-Trockensubstanz abnimmt, umgekehrt werden die kurz- und mittelkettigen Fettsäuren vermehrt ausgeschieden. Die genauen Angaben werden im Tabellenanhang in der Zusammenstellung der Korrelationskoeffizienten aufgeführt. Dieses Ergebnis bestätigt ebenfalls Daten, die an anderen Nutztieren gewonnen wurden. Nachprüfungen eventueller Zusammenhänge zwischen Gesamtfettausscheidung und der Ausscheidung der einzelnen Fettsäuren ergeben keine signifikanten Ergebnisse. Es deutet sich aber immerhin an, daß eine hohe Fettausscheidung begleitet ist von einem hohen Anteil von C 12 bei den Cocosfettgruppen A und B. Hoher C 12-Gehalt des Kotfettes bedingt bei diesen Gruppen auch einen hohen Gehalt an C 8 und C 10.

#### 4.3 Schlachtkörper

##### 4.3.1 Ausschlachtung, prozentuales Lebergewicht, Organgewichte, allometrische Beziehungen

Bei der Schlachtung wurden entfernt: Kopf in Höhe des 4. Halswirbels, Federn, Ständer, Darmkonvolut.

Die Ausschlachtungsergebnisse dürfen als gut bezeichnet werden. Wie die statistische Berechnung beweist, ist das Ausschlachtungsergebnis bei Gruppe B mit 72,6 % gegenüber Gruppe A mit 71,8 % verbessert. Die Verbesserung von Gruppe D gegenüber Gruppe C beträgt dagegen nur 0,3 % (72,4  $\longleftrightarrow$  72,7 %). Die Standardabweichung der Prozentwerte beträgt nur 1 - 3 % der Mittelwerte.

Die durchschnittlichen prozentualen Lebergewichte bezogen auf das Schlachtgewicht betragen:

T a b e l l e 9

| Gruppe | A             | B            | C             | D            | E            |
|--------|---------------|--------------|---------------|--------------|--------------|
| %      | 2,75          | 2,57         | 2,71          | 2,72         | 3,08         |
| S %    | $\pm 12,70$ % | $\pm 8,60$ % | $\pm 13,30$ % | $\pm 8,80$ % | $\pm 4,60$ % |

Zum Vergleich die durchschnittlichen Lebergewichte

| Gruppe | A             | B            | C            | D           | E           |
|--------|---------------|--------------|--------------|-------------|-------------|
| Gramm  | 27,94         | 27,40        | 28,9         | 28,9        | 24,06       |
| S %    | $\pm 11,40$ % | $\pm 5,40$ % | $\pm 11,9$ % | $\pm 9,1$ % | $\pm 4,6$ % |

-----  
S % = Standardabweichung in % des Mittelwertes.

In den prozentualen Lebergewichten wird der Einfluß der hohen Fettgaben nicht deutlich, obwohl die Lebern in geringem Maße vergrößert sind, einzelne Tiere erreichten 34 g Lebergewicht. Die Gruppen C und D sind in Varianz und Durchschnittswerten nahezu identisch. Im Gegensatz dazu weist die Gruppe A in den Werten für die Varianz und in den durchschnittlichen prozentualen Anteilen am Schlachtgewicht niedrigere Werte auf, hat dafür aber ein höheres durchschnittliches Lebergewicht.

Die Emulgatorzugabe scheint die Fettoleranz bei den Cocosfettgruppen positiv beeinflußt zu haben, vor allem weil die Varianzen niedriger als bei der Vergleichsgruppe liegen, somit also weniger Extremwerte auftreten.

Die Beziehungen zwischen Muskelgewichten und Schlachtkörpergewicht, Lebergewicht und Muskelgewichten sind im Tabellenanhang aufgeführt (Tab. VIII). Es darf angenommen werden, daß die allometrischen Gewichtsbeziehungen durch die Futterfettarten nicht betroffen werden. Allgemein ergeben sich als Ergebnisse hohe

Korrelationen zwischen Muskelgewichten und Ausschlachtung, zwischen Skelettmuskel - und Brustmuskel - sowie zwischen Leber- und Herzgewicht.

#### 4.3.2 Fett- und TS-Gehalt der Schlachtkörperfraktionen

In Tabelle Nr. VI im Anhang, werden die durchschnittlichen Fettgehalte der untersuchten Körperfraktionen aufgeführt. Deutlich ist, daß durch den hohen Futterfettgehalt ein starker Anstieg des Körperfettes zu verzeichnen ist, der durchschnittlich 5,7 % bei der fettarmen Gruppe E und durchschnittlich etwa 12,5 % bei den anderen Gruppen beträgt.

Interessant ist, daß die Verfettung der Gruppe D signifikant niedriger als die der Gruppe C ( $\alpha = 0,05$ ) liegt.

Aus der Gruppe A, C und D fiel für die Fettuntersuchungen jeweils ein Tier aus, da eine Fettveränderung durch Lagerung auftrat. Diese Ergebnisse wurden durch Auftreten von Nebenspeaks so verfälscht, daß auf eine Wiedergabe der Ergebnisse verzichtet werden muß.

Der Leberfettgehalt bewegt sich noch in physiologischen Grenzen und ist nur leicht erhöht. Hoher Leberfettgehalt ist eindeutig nicht mit hohem Lebergewicht kombiniert, wie die errechneten negativen Korrelationen beweisen. Statistische Sicherung ist leider nicht möglich (Tab. VIII, Anhang).

Der Körperfettgehalt dagegen verhält sich bei dem hohen Futterfettgehalt indifferent gegenüber dem Endgewicht, den Muskel- und Organgewichten, sowie der Futterverwertung. Enger gekoppelt sind dagegen die Gewichte des reinen peritonealen Fettes mit dem Körperfettgehalt. Die aus Versuchen mit normalem Fettangebot erhaltenen Ergebnisse treffen also für diese hohen Fettmengen im Futter nicht mehr zu. Der Grad der Verfettung wirkt sich kaum auf Futterverwertung und Verfettung der Organe und Muskeln aus. Eine Verfettung von Organen und Muskeln ist nur beschränkt zu erreichen. Das im Gesamtkörper bestimmte Fett ist größtenteils Depotfett, aus diesem Grunde ist auch die Koppelung mit

dem peritonealen Depotgewicht vorhanden. (Als peritoneales Depotfett wird das freie, im Bauchraum vorhandene Fett bezeichnet). Besonders die Werte für die Brustmuskeln liegen in der nahezu fettfrei ernährten Gruppe E fast so hoch wie in den anderen Gruppen. Ähnliches gilt für die Leberfettwerte; die Skelettmuskelnwerte enthalten einen bestimmten Anteil an makroskopisch nicht mehr zu erfassendem Depotfett. Zwischen den prozentualen Fettgehalten in Leber oder Muskeln und Fettsäureeinlagerungen konnten keinerlei Koppelungen gesichert werden. Es fällt aber auf, daß in den meisten Fällen ein steigender Fettgehalt der Muskeln einen zunehmenden Depotfettcharakter dieser Fette bedingt.

Die Leber allerdings verhält sich in dieser Beziehung sehr indifferent.

Beachtenswert ist auch die Tatsache, daß sich eine hohe Fettverdaulichkeit nicht immer in erhöhten Fettgehalten von Organen, Muskeln sowie des Gesamtkörpers auswirkt, gleiches gilt auch für die Einlagerung von peritonealem Fett.

Die im Anfang angegebenen Korrelationen lassen mit einiger Sicherheit den Schluß zu, daß emulsionsfördernde Substanzen im Futter die Koppelung der Fettverdaulichkeit mit der Fetteinlagerung weitgehend auflösen können.

Die Trockensubstanzgehalte schwanken um  $\pm 2\%$  und sind, besonders im Gesamtkörper, maßgeblich von den Fettgehalten mitbestimmt. Das ist auch der Grund, daß die Gesamtkörper-TS-Werte so hoch liegen, wie auf Tabelle VI im Anhang angegeben.

#### 4.4 Gaschromatographische Untersuchungen des Körperfettes

4.4.1 Auf den folgenden Seiten sind die durchschnittlichen Fettsäuregehalte der Einzelfractionen aufgeführt und nebeneinander gestellt. Die verbindenden Linien sind nur als Sichthilfen gedacht. Die Abkürzungen unter den Säulen bedeuten:

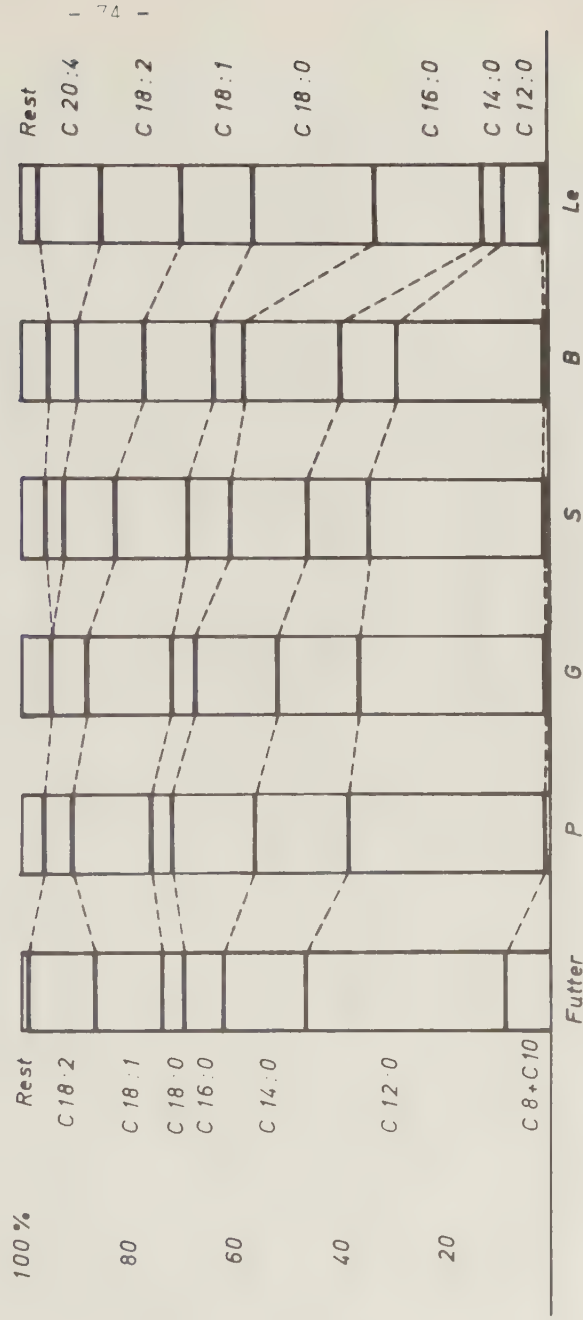
- F = sogen. peritoneales Fett, entspricht dem reinen Depotfett in der Bauchhöhle.  
G = Fett des Gesamtkörpers (Schlachthälfte).  
S = Fett der Skelettmuskelgruppe des Tibiotarsus.  
B = Fett des oberflächlichen Brustmuskels.  
Le = Fett der Leber.

Die Säulen sind so geordnet, daß die Zusammensetzungen, die dem Fett ähnlich sind, am weitesten links, diejenigen, die am stärksten verändert sind, am weitesten rechts stehen.

4.4.2 Die qualitative Zusammensetzung der Depotfettfraktion  
(es wurde peritoneales Fett zu den Untersuchungen genommen).

Der Einbau von Fullerfettsäuren in die Körperlipide bei hohen Fettgaben

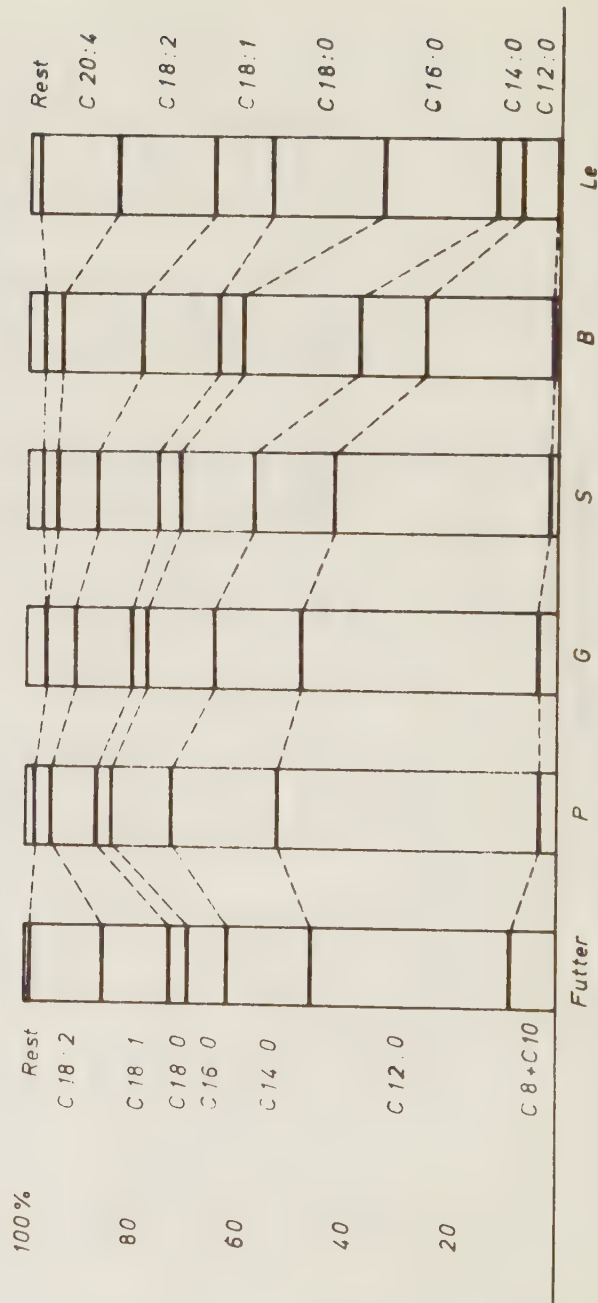
Gruppe A



Gruppe A: Cocosfett, Gehalt der Futterration 20%.

# Der Einbau von Futterfettsäuren in die Körperlipide bei hohen Fettgaben

## Gruppe B

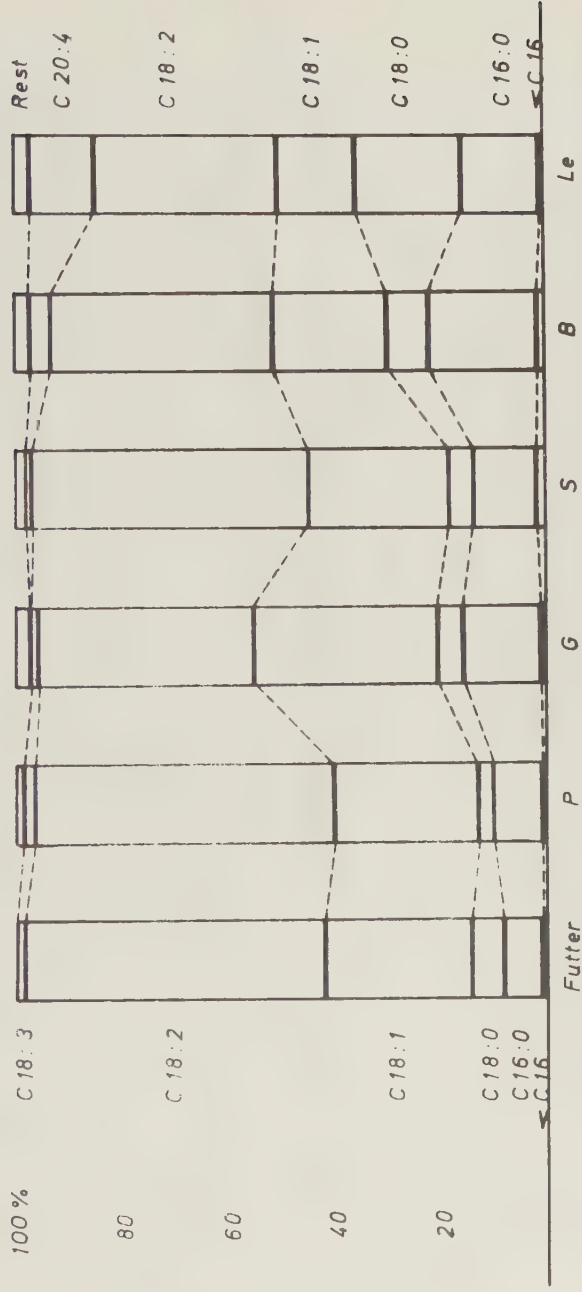


Gruppe B: Cocosfett, Gehalt der Futterration 20%. Mit Zusatz von Glycerin - mono - distearat und Soja - Lecithin .

# Der Einbau von Futterfettsäuren in die Körperlipide bei

## hohen Fettgaben

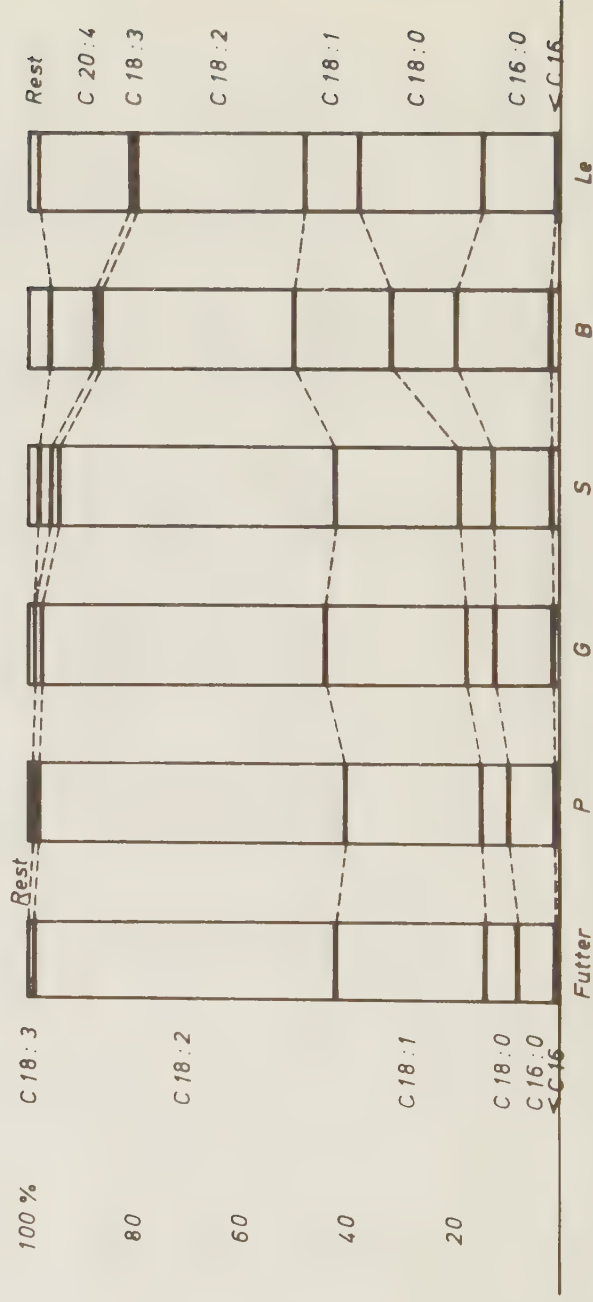
### Gruppe C



Gruppe C: Sonnenblumenöl, Gehalt der Futterration 20%.

# Der Einbau von Futterfettsäuren in die Körperlipide bei hohen Fettgaben

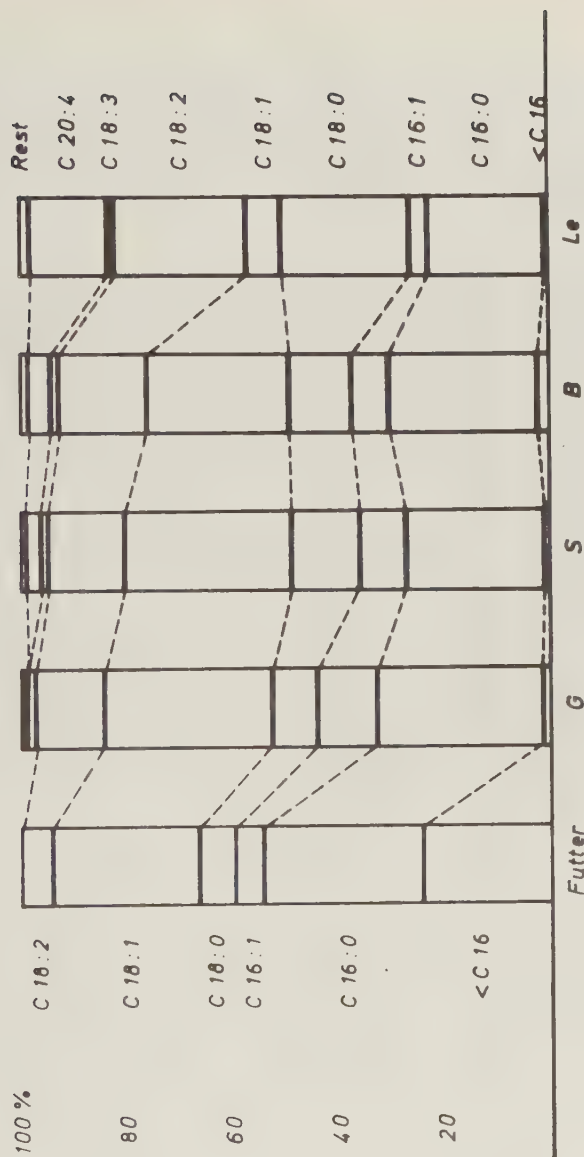
## Gruppe D



Gruppe D : Sonnenblumenöl, Gehalt der Futterration 20%. Mit Zusatz von Glycerin-mono-distearat und Soja-Lecithin.

Der Einbau von Futterfettsäuren in die Körperlipide bei hohen Fettgaben

Gruppe E



Gruppe E : Grundration mit 0,8% Fett aus der Sojamehl-Komponente.

Die Gruppen A, B, C und D zeigen weitgehende Übereinstimmung der Futterfettzusammensetzung mit der Lipidzusammensetzung des Depotfettes. Eine gewisse Zunahme der selteneren Fettsäuren, - in den Darstellungen unter Rest aufgeführt -, sowie die geringfügige Abnahme des Gehaltes an C 18 in den Gruppen C und D sind nachweisbar.

Stellt man die Gruppen A und B einander gegenüber, so weist die Gruppe A mit 37,5 % einen signifikant niedrigeren C 12-Gehalt auf als die Gruppe B mit 48,6 %. Die Nullhypothese wird dabei mit  $\alpha = 0,002$  abgelehnt. In der Tendenz ist der qualitative Gehalt an C 14 ( $\alpha = 0,05$ ) mit 20,1 % ebenfalls höher als bei Gruppe A mit 17,8 %. Andererseits überwiegen die langkettigen Fettsäuren C 16, C 18, C 18:1, C 18:2 bei Gruppe A sehr deutlich. Beachtenswert ist, daß der Anteil der ungesättigten Säuren fast doppelt so hoch ist, wie der der Gruppe B. Sämtliche Unterschiede lassen sich mit  $\alpha = 0,002$  absichern.

Die Wirkung des Emulgatorzusatzes zu Gruppe B wirkt sich im peritonealen Fett also in einer Steigerung des Anteils an Fettsäuren mittlerer Kettenlänge (C 12 und C 14) aus. Die Erklärung dieser Verschiebung läßt sich mit Sicherheit aus den vorhandenen analytischen Daten nicht geben. Es bieten sich folgende Hypothesen an (Gruppe A und B):

- 1) Die Wirkung der emulgierenden Zusätze erstreckt sich auch auf die Vorgänge im Tierkörper. Die Emulgatoren dürften ebenfalls resorbiert werden und zwar ohne wesentlichen Unterschied zu normalen Fetten. Aus diesem Grunde wurden auch nur physiologische (Glycerin-mono-distearat und Sojalecithin) Produkte verwandt, so daß sich kein Rückstandsproblem ergibt. Da das Verhalten von Stoffen an biologischen Membranen maßgeblich durch den Lipid-Wasser-Verteilungskoeffizienten bestimmt wird, darf man also bei Gruppe B einen derartigen Effekt erwarten.

- 2) Die Resorption der emulgierten Fette erfolgt in verstärktem Maße als Triglyceride (HAUBOLD 1959). Der bevorzugte Transportweg ist dann die Lymphe. Somit wäre eine Überlastung des Leberstoffwechsels vermieden, die Triglyceride könnten in das intra- und extrazelluläre Gewebe ohne stärkere Veränderung eingelagert werden.
- 3) Die dritte Hypothese zur Erklärung der Verschiebung der Fettsäuren im Depotfett durch die Zugabe der emulsionsfördernden Stoffe schließt praktisch an Hypothese zwei an. Zusätzlich wird aber noch eine erhöhte Stoffwechselaktivität der Leber bei Gruppe A angenommen. Da diese über das Pfortaderblut mehr Fett geliefert bekommt, darf eine erhöhte Syntheseleistung, Kettenverlängerungs- und Dehydrierungsreaktion angenommen werden. In der einführenden Übersicht wurde auf die Mikrosomen- und Mitochondrientätigkeit hingewiesen, die für diese Reaktionen maßgeblich ist.

Die Tiere der Gruppe A zeigen im "peritonealen" Fett sowohl den Verlängerungseffekt der Mikrosomenfraktion als auch den Dehydrierungseffekt. Die prozentualen Anteile der Stearinsäure, die im Fett ja nur in sehr geringer Menge vorhanden ist, sowie der Palmitoleinsäure, die im Futter nicht vorhanden ist, stützen diese Hypothese ebenfalls. Allerdings haben SEITZ und BÜHRING (1969) nachgewiesen, daß die Stoffwechselvorgänge im Depotfett recht intensiv sind. Der Anteil an stoffwechselaktiven Zellpartikeln (Mikrosomen, Ribosomen, Mitochondrien, Golgi-System) ist aber hier so niedrig, daß eine qualitativ merkbliche Veränderung durch sie wohl kaum zu erreichen ist. Die erwähnten Autoren zeigen in besagter Arbeit auch, daß die wesentlichen Vorgänge des Reservefettes sich in der Veränderung der Glyceridstruktur auswirken (Anteil an Mono-, Di- und Triglyceriden). Der Bedarf an essentiellen Fettsäuren ist bei den Gruppen A und B offensichtlich gedeckt. Die Konsistenz des Fettes ist noch unter 38° flüssig, ein Netzwerk von Bindegewebe sorgt für die Stabilisierung, eine Tatsache, die bei den Sonnenblumenölgruppen besonders ins Auge fällt. Wird hier durch Skalpell oder Schere der natürliche Zusammenhang getrennt, so tropft Öl ab, die

Stabilisierung und Strukturgebung erfolgt also durch das Bindegewebe mit dessen feinen, netzartigen Verzweigungen.

Im Prinzip können die oben aufgestellten Hypothesen auch auf die Verhältnisse der Sonnenblumenölgruppen übertragen werden. Die Fettzusammensetzung unterscheidet sich aber nur so wenig, daß lediglich für die Säuren C 16:1 und C 18 die Nullhypothese abgelehnt werden kann. Für den Unterschied des Gehaltes an Stearinsäure 2,4 % zu 3,7 % in Gruppe D mit  $\lambda = 0,002$ . Wie die Stearinsäure gebildet wird, ist nicht abzusichern, es dürfte sich vornehmlich um Hydrierungsreaktionen handeln. Da der prozentuale Anteil der Palmitinsäure im Vergleich zum Futter ebenfalls zunimmt, dürfte ein Aufbau von Stearinsäure aus Palmitinsäure kaum stattgefunden haben.

Überraschend ist das heterolipide Reagieren des Mastkükens auf die extrem unterschiedliche Fettzusammensetzung. Die folgende Gegenüberstellung führt vor Augen, wie anpassungsfähig das Mastküken an die Futterzusammensetzung ist.

T a b e l l e 10

Übersicht über die durchschnittliche Zusammensetzung des "peritonealen" Fettes

|        | A              | B              | C             | D             |
|--------|----------------|----------------|---------------|---------------|
| ges.   | <u>76,6 %</u>  | <u>86,44 %</u> | <u>13,0 %</u> | <u>15,1 %</u> |
| S %    | <u>+7,0 %</u>  | <u>3,2 %</u>   | <u>16,9 %</u> | <u>19,2 %</u> |
| unges. | <u>23,46 %</u> | <u>13,61 %</u> | <u>87,0 %</u> | <u>84,9 %</u> |
| S %    | <u>+22,8 %</u> | <u>+20,6 %</u> | <u>2,5 %</u>  | <u>3,4 %</u>  |

Der Gehalt an gesättigten Fettsäuren beträgt also bei den Gruppen A und B etwa das fünffache der Gruppen C und D. Die Werte für die ungesättigten Fettsäuren haben die entgegengesetzte Tendenz. Die Suche nach einer optimalen Fettzusammensetzung ist somit durch die hohe Fetttoleranz und das heterolipide Verhalten des Geflügels erschwert. Die Anpassung des Depotfettes an die

Zusammensetzung des Futterfettes ist sehr ausgeprägt, diese Tatsache wird auch in einer großen Anzahl von Veröffentlichungen von anderen Autoren und für andere Nutztierarten berichtet. Ein derartiges Ausmaß an Übereinstimmung zwischen Futterfett und Depotfett wurde bisher allerdings noch nicht festgestellt.

#### 4.4.3 Die qualitative Zusammensetzung des Schlachtkörperfettes

Eine Schlachtkörperhälfte pro Tier wurde jeweils auf die Fettzusammensetzung untersucht. Die Ergebnisse sind in den graphischen Darstellungen unter G aufgeführt. Allgemein wird deutlich, daß die Anpassung an die Zusammensetzung des Futterfettes zwar noch sehr ausgeprägt ist, aber nicht den Grad erreicht, wie er beim Depotfett vorhanden ist.

Gruppe A und B: Die Einzel- und Durchschnittswerte unterscheiden sich, abgesehen von den Minorfettsäuren signifikant ( $\alpha = 0,002$ ). Die Unterschiede in Linolsäure- ( $\alpha = 0,1$ ) und Olsäuregehalt ( $\alpha = 0,01$ ) sind nicht ganz so deutlich, aber auf niedrigerem Niveau immer noch abzusichern.

Die Fettsäuregehalte mittlerer Kettenlänge der Gruppe B : C 8 und C 10 sowie C 14 und C 16 liegen recht deutlich über dem Niveau der Gruppe A. Also werden die Ergebnisse aus dem peritonealen Fett bestätigt.

Die Fettsäuren mit einer Doppelbindung (Dehydrierung) sind gegenüber den Depotfettwerten deutlich erhöht. Die Gehalte an Linolsäure liegen etwas höher, ebenso die Stearinsäurewerte. Arachidonsäure konnte nur in Spuren bestimmt werden.

Der Einfluß der zugegebenen oberflächenaktiven Stoffe wird deutlich, wenn die Vergleiche auf die Laurin-, Myristin- und Stearinsäure konzentriert werden.

Insgesamt ergibt sich folgendes Bild:

T a b e l l e 11

Übersicht über die durchschnittliche Zusammensetzung des Schlachtkörperfettes

| Gruppe        | A       | B      | C      | D      | E      |
|---------------|---------|--------|--------|--------|--------|
| ges. Fetts.   | 73,3 %  | 82,8 % | 21,1 % | 18,3 % | 42,5 % |
| S %           | +4,9 %  | 3,2 %  | 37,4 % | 12,5 % | 4,6 %  |
| unges. Fetts. | 26,7 %  | 17,2 % | 78,9 % | 81,7 % | 57,5 % |
| S %           | +13,4 % | 15,8 % | 10,0 % | 2,7 %  | 3,4 %  |

Die Cocosfettgruppen A und B zeigen also die Tendenz zu vermehrter Bildung ungesättigter Fettsäuren, die Sonnenblumenölgruppen zur Bildung gesättigter Fettsäuren. Auch hier ist der Grad der Sättigung bei Gruppe B höher als bei A.

Die Standardabweichungen sind nicht erhöht, abgesehen vielleicht von den Werten der Gruppe C für die es nur eine ungenügende Erklärung gibt.

Man darf aber wohl davon ausgehen, daß eine dem physiologischen Bedarf optimal angepasste Fettzusammensetzung des Futters eine niedrige Varianz ergibt, ebenso wie eine unphysiologische Zusammensetzung hohe Streuungen hervorrufen dürfte. Die Streuung kann deshalb wohl als ein gewisser Maßstab für die Fetttoleranz angesehen werden. So errechnen sich für die Fettmangelgruppe E recht niedrige Standardabweichungen ( die im Anhang gesondert aufgeführt sind, Tab. Nr. X).

Das Fettsäuremuster der Schlachtkörper der Gruppe E zeichnet sich durch den hohen Gehalt an Palmitin- und Palmitolein- sowie Stearinsäure aus. Wie die hypothetische Teilbilanzierung (am Ende dieser Arbeit) nachweist, ist die Linolsäure nicht allein aus dem Futter zur Verfügung gestellt worden. Inwieweit eine Eigensynthese erfolgte, ob die dabei synthetisierte Linolsäure  $\omega$ -6- Konfiguration aufweist und eFA-Aktivität zeigt, sei dahingestellt.

Die in der Literatur- und Themadiskussion erwähnten Mechanismen der "de novo"-Synthese finden durch die Werte der Gruppe E volle Bestätigung:

Die "de novo"-Synthese läuft bis zu C 16 und C 18. Bei diesen beiden Säuren reißt die Synthesekette ab. Der genaue biochemische Mechanismus dieser Reaktion ist noch nicht geklärt.

Die Dehydrierungsreaktionen setzen mit quantitativ sichtbaren Ergebnissen erst bei einer entsprechenden Kettenlänge ein.

Die hier erhaltene Fettsäurezusammensetzung als physiologisch angemessen zu bezeichnen, dürfte nicht richtig sein, obwohl

NIESAR (1963) die Fütterung von Triacetin unter Linolsäurezusatz verwandte, um das artspezifisch zusammengesetzte Körperfett zu erhalten. Man darf dabei jedoch nicht außerachtlassen, daß die Normalreaktionen des Fettstoffwechsels die Verlängerung und Dehydrierungsreaktion sowie die  $\beta$ -Oxydation sind. Die Fettsäuren mittlerer und hoher Kettenlänge werden also in den

Synthese- bzw. Abbauzyklus eingeschleust, besetzen die entsprechenden Rezeptoren und verhindern ein größeres Ausmaß an "de novo"-Synthese durch Verschiebung des Fließgleichgewichtes.

Da das Fettangebot der Ration E so gering ist, muß mit einem relativ hohen Anteil an "de novo"-Synthese gerechnet werden.

Trotz des heterolipiden Typs des Hühnerfettstoffwechsels erreicht das weitgehend "de novo" synthetisierte Fett eine hohe Ausgleichenheit in der Zusammensetzung.

Die Trennung von "Membranfett" und Depotfett, wie sie von einigen Autoren vorgenommen wird, bietet für diese Tatsache eine einleuchtende Erklärung. Da die Beeinflussung des sogenannten "Membran- oder funktionellen" Fettes weit geringer ist als die des Depotfettes, muß natürlich die Streuung bei einer fettarm ernährten Gruppe geringer sein als bei einer fettreich ernährten, da der Depotfettanteil geringer ist.

Der Linolsäurebedarf wurde offensichtlich ausreichend gedeckt (eine eingehende Diskussion dieser Fragen erfolgt weiter unten in einem gesonderten Abschnitt).

Gegenüber dem reinen Depotfett weist das Schlachtkörperfett der Gruppen C und D eine deutliche Erhöhung des Anteils an gesättigten Fettsäuren auf. Insbesondere die Palmitinsäuregehalte steigen etwas an. Das Mastkücken ist also in bestimmten Grenzen bestrebt, die extremen Futterfette (hoher Prozentsatz an Linolsäure im Sonnenblumenöl und Laurinsäure im Cocosfett), Säuren also, die von Mastkücken über die "de novo"-Synthese nicht oder in Spuren aufgebaut werden, zu Körpereigenfett umzugestalten. Der Anteil an eigener Syntheseleistung und der Grad der Veränderung der Fettsäuren nimmt also vom reinen Depotfett zum Schlachtkörperfett hin zu.

#### 4.4.4 Die qualitative Zusammensetzung der Muskelfette

Die Muskelfette unterstreichen diese Tendenz, es darf also angenommen werden, daß der Anteil an Depotfett gegenüber dem Anteil an sogenanntem funktionellem Membranfett abnimmt. Obwohl die Skelettmuskeln weitestgehend von anhaftendem Depotfett getrennt wurden, weisen sie doch noch in ihrem Fett den Depotcharakter auf. Die Brustmuskulatur, beim Geflügel weit weniger bestätigt als die Beinmuskulatur, ist bei den Gruppen A-D wiederum deutlich von der Skelettmuskulatur unterschieden. Anders liegen die Verhältnisse bei der Gruppe E. Hier sind die Fettsäurespektren angeglichen, abgesehen von einem etwas erhöhten prozentualen Anteil an C 16 und einem etwas erniedrigten prozentualen Anteil an C 18:1 im Brustmuskelfett, verglichen mit dem Fett der Muskeln des Tibiotarsus.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die durchschnittliche Zusammensetzung der Muskellipide:

T a b e l l e 12

Zusammensetzung der Muskellipide

|         | A             | B      | C      | D      | E      |   |
|---------|---------------|--------|--------|--------|--------|---|
| ges.:   | 68,5 %        | 75,8 % | 18,4 % | 19,5 % | 40,1 % |   |
| S %     | $\pm 4,7$ %   | 7,6 %  | 17,4 % | 17,5 % | 6,7 %  | S |
| unges.: | 31,5 %        | 34,2 % | 81,6 % | 80,5 % | 59,9 % |   |
| S %     | $\pm 9,8$ %   | 33,9 % | 3,9 %  | 4,3 %  | 4,6 %  |   |
| ges.:   | 64,7 %        | 64,6 % | 30,1 % | 32,9 % | 41,4 % |   |
| S %     | $\pm 8,9$ %   | 8,0 %  | 29,6 % | 10,7 % | 4,5 %  |   |
| unges.: | 35,39 %       | 35,4 % | 69,9 % | 67,1 % | 58,6 % | B |
| S %     | $\pm 16,39$ % | 15,4 % | 12,7 % | 5,3 %  | 3,3 %  |   |

Es fällt zunächst auf, daß die Fette der Gruppen A und B insgesamt im Grade der Sättigung abnehmen. Dabei erfolgt gleichzeitig eine Annäherung zwischen beiden Gruppen in der Zusammensetzung der Muskellipide. So sind die höheren Gehalte der Gruppe B gegenüber A bei C 12 (39,9 % gegenüber 31,4 %), mit  $\Delta = 0,05$  und C 14 (14,5 % gegenüber 10,2 %) mit  $2 = 0,002$  und deren prozentual niedrigere Gehalte an C 18 (4,3 gegenüber 6,7) mit  $\Delta = 0,05$  statistisch abzusichern. Insgesamt also wiederum eine Bestätigung der Tatsache, daß die emulgierenden Stoffe die Ähnlichkeit des Körperfettes mit dem Futterfett erhöhen. Die Brustmuskelfette beider Gruppen können in der Zusammensetzung als gleich angesehen werden. Die Nullhypothese mußte für alle Säuren angenommen werden, abgesehen von der Palmitinsäure, die mit  $\Delta = 0,01$  in der Gruppe B (21,5 %) stärker vertreten ist als in Gruppe A (17,9 %).

Bedeutsam ist die Zunahme des Sättigungsgrades der Fette für die Gruppen C und D. Die Brustmuskellipide sind etwa um 10 % gesättigter, dagegen erfahren die Lipide der Gruppe E keinerlei Verschiebung des Fettsäurespektrums mehr.

MARION und WOODROOF (1965) weisen mit Nachdruck darauf hin, daß die Fettsäurezusammensetzung der Triglyceride als weitgehend konstant anzusehen ist, zu demselben Ergebnis kommen auch SEITZ und BÜHRING (1969) in einer differenzierten Studie des Triglyceridstoffwechsels. Einzig der Unterschied im Verhältnis Triglycerid-:Phospholipid-: Cholesterinesterfraktion bietet eine ausreichende Erklärung. Bei gegebener konstanter Fütterungssituation stellt sich nach ACOSTA u. Mitarb. (1966) ein Pegel an Phospholipiden, Triglyceriden und Cholesterinestern ein, der ohne größere Streuung konstant ist. Die einzelnen Fraktionen sind je nach Lokalisation im Körper allerdings mengenmäßig unterschiedlich vertreten, je nach Fütterungssituation. ACOSTA u. Mitarb. (1966) unterscheiden deshalb zwischen weißem Fleisch (Brust) und rotem Fleisch (Bein). Sie zeigen, daß weißes Fleisch weniger den Plasmalipen entspricht als das rote.

Übertragen wir diese referierten Ergebnisse auf die Daten der vorliegenden Arbeit, so dürften die aufgezeigten Unterschiede vornehmlich auf Verschiebungen der Gesamtfractionen (Phospholipide-Triglyceride) beruhen. Die Gesamtfettgehalte der Körperfractionen bestätigen diese Tatsache, liegt doch der durchschnittliche Fettgehalt der Skelettmuskeln (Gruppe A) mit über 3 % deutlich über dem der Brustmuskeln (1,5 %). Die entsprechenden Daten für die Gruppe B lauten 2,3 und 1,1 %.

Die Arachidonsäuregehalte sind ebenfalls in den Brustmuskellipiden höher als in den Skelettmuskellipiden, ein Beweis für den steigenden Phospholipidanteil. CHUNG u. Mitarb. (1965) weisen darauf hin, daß vornehmlich die Phosphatidyl-Äthanolaminfraktion Träger des Arachidonsäuregehaltes ist. Welchen Einfluß das Futterfett und dessen Fettsäurespektrum auf die Zusammensetzung dieser Fraktionen hat, ist noch nicht genügend untersucht.

Das vorliegende Gesamtspektrum weist aber darauf hin, daß dieser Anteil im Brustmuskelfett höher liegt. Interessant ist außerdem daß die Arachidonsäuregehalte der Gruppe E prozentual gesehen fast so hoch sind wie die der Sonnenblumenölgruppen. Eine ausreichende Versorgung mit Linolsäure (ca 0,12 % der Gesamtration) scheint zwar nicht gegeben, immerhin ist eine recht deutliche

Arachidonsäuresynthese möglich. Inwieweit es sich um  $\omega$ -6-Säure mit essentieller Aktivität handelt, muß dahingestellt bleiben. (In der Teilschlussfolgerung zum Schluß dieser Arbeit soll diese Frage noch einmal aufgegriffen werden).

#### 4.4.3 Die qualitative Zusammensetzung der Leberlipide

Die oben aufgeworfenen Fragen gelten mit verstärktem Gewicht auch für die Verhältnisse bei den Leberlipiden. Die Fettsäurespektren der Leber aller Gruppen ähneln einander sehr stark. Die Leber des Mastkanariens hat ein typisches Fettsäurespektrum, das durch Fütterungsmaßnahmen nur sehr begrenzt beeinflusst werden kann.

W. L. u. Mitarb. (1966) berichten, daß die Leberlipide vornehmlich aus Phospholipiden bestehen und geben 20 % Triglyceride und 80 % Phospholipide an.

Auffallend ist, daß die Lipide sich durch hohe Stearinsäuregehalte auszeichnen. Obwohl es nicht gelang, eine Koppelung zwischen Stearinsäuregehalten und Arachidonsäuregehalten nachzuweisen, liegt es nahe, die Arachidonsäuregehalte wiederum der Phosphatidylaminfraktion zuzuschreiben. Diese Fraktion zeichnet sich allgemein durch hohe Arachidonsäuregehalte ebenso wie durch hohe Stearinsäuregehalte aus. Andererseits muß darauf hingewiesen werden, daß ein gewisser Synthesebedarf für Palmitin- und Stearinsäure besteht. Da der Kettenverlängerungseffekt in der Leber nachgewiesen wurde, die Leberzellen sich wiederum durch eine hohe mikrosomale und mitochondriale Aktivität auszeichnen - Leberzellen haben einen sehr hohen Anteil an stoffwechselaktiven Zellorganellen - sind die hohen Gehalte erklärlich. Der Grad der Sättigung des Kettes ist relativ hoch. Man darf also sagen, daß die Leberfette die Tendenz zu einem bestimmten Sättigungsgrad zeigen, weitgehend unbeeinflusst von den aus dem Futter angebotenen Fettsäurespektren.

Die folgende Aufstellung zeigt eine Gegenüberstellung der gesättigten und ungesättigten Anteile der verschiedenen Gruppen.

T a b e l l e 13

Zusammensetzung der Leberlipide

| Gruppe  | A           | B      | C      | D      | E      |
|---------|-------------|--------|--------|--------|--------|
| ges.:   | 55,5 %      | 54,6 % | 36,1 % | 38,4 % | 47,6 % |
| S %     | $\pm 4,8$ % | 9,9 %  | 9,7 %  | 7,8 %  | 3,8 %  |
| unges.: | 44,5 %      | 45,4 % | 63,9 % | 61,6 % | 52,4 % |
| S %     | $\pm 5,9$ % | 10,3 % | 5,5 %  | 5,2 %  | 3,5 %  |

Die Varianz der Zusammensetzung der Leberlipide ist, im großen Durchschnitt gesehen, kleiner als die der anderen untersuchten Lipide. Auch diese Tatsache ist durch den hohen Phospholipidgehalt zumindest teilweise zu erklären.

Wie die Werte auf Tabelle XII im Anhang beweisen, gilt dieser Befund auch für die einzelnen Fettsäuren.

Die Fettgehalte der Lebern der Gruppen A, B, C und D liegen bei 4 %, deutlich niedriger liegt nur die Gruppe E. Von Fettlebern kann aber nicht gesprochen werden. Pathologisch-anatomische Veränderungen der Lebern waren nicht zu erkennen. Fettlebern entstehen also in der kurzen Zeit auch bei derartig hohem Angebot an Fett im Futter nicht. Die Tiere akkumulieren Fett aus Lymphe und Blutplasma nicht in der Leber, vielmehr verarbeiten sie nur ein bestimmtes Maß an Fett in der Leber, während der Rest, weitgehend unverändert ins Depot eingelagert wird, ein weiterer Beweis für die heterolipide Reaktionsnorm des Geflügelstoffwechsels.

Die Annahme, daß die Zugabe von emulgierenden Substanzen Einfluß auf den Transportweg des Fettes im Tierkörper hat, findet eine gewisse Bestätigung in dem Vergleich der Gruppen A und B.

Die prozentualen Anteile der kürzeren Fettsäuren in Gruppe A liegen etwas höher als bei der Gruppe B. (statistisch nicht zu sichern)

Für eine etwas höhere Stoffwechselaktivität der Gruppe B, die Kettenverlängerung betreffend, sprechen die Werte für die Palmitinsäure und die Myristinsäure (20,4 % / 19,7 % und 4,6 % / 4,0 %) sowie der statistisch ebenfalls gesicherte höhere Linolsäuregehalt in Gruppe B : 17,7 % im Vergleich zu Gruppe A : 11,5 %, der sich im Arachidonsäuregehalt ebenfalls zeigt.

Die Werte der Gruppen C und D unterscheiden sich signifikant im Öl-, Linol- und Arachidonsäuregehalt.

| Gruppe         | C      | D      |
|----------------|--------|--------|
| Olsäure        | 14,9 % | 9,8 %  |
| Linolsäure     | 35,8 % | 30,9 % |
| Arachidonsäure | 11,8 % | 17,6 % |

Die Differenzen im Ölsäure- und Arachidonsäuregehalt sind mit  $\alpha = 0,01$  abzusichern, die im Linolsäuregehalt mit  $\alpha = 0,05$ .

Eine Reihe von Peaks im Anschluß an C 20:4 gab Anlaß, diese Säuren gesondert zu bestimmen und auszuwerten. Da hierfür reine Testsubstanzen nicht verfügbar waren, erfolgte die Identifizierung lediglich durch Berechnung von den entsprechenden relativen Retentionszeiten bezogen auf die Retentionszeit der Arachidonsäure und durch Vergleiche der ermittelten Werte mit den Ergebnissen anderer Autoren (NIESAR, CHUNG, ACOSTA, MARION und WOODROOF).

Folgende Fettsäuren wurden regelmäßig ermittelt in der Reihe steigender Elutionsvolumen: C-20:5, C-24, C-22:3, C-22:4, C-22:5, C-22:6 und C-24:4.

Sämtliche Säuren waren bei allen Gruppen nachzuweisen. Die Werte für C 22:6, C 22:5 und C 24:2 lagen dabei stets höher als die der anderen Fettsäuren. Deutlich zeichnet sich eine Steigerung der C 22:6-Säure ab, wenn hohe Arachidonsäurewerte vorlagen (bis zu 3 % des Gesamtspektrums).

Die Werte sind in dem Tabellenanhang nicht näher aufgeführt, da die Wiederholbarkeit der Messungen bei den großen Retentionsvolumina und unter den gegebenen analytischen Bedingungen nicht befriedigte.

Die Werte für C 18:3 und 20:1 wurden aus analytischen Bedingungen ebenso gemeinsam angegeben wie die Werte für C 20:3 und C-22:0.

#### 4.5 Erörterung einer Teilbilanzierung

Da das Tier selbst wesentlichen Einfluß auf die Lipidzusammensetzung der Körperfette durch den intermediären Stoffwechsel ausübt, wird eine Bilanzierung der Fettsäuren für die einzelnen Tiere immer fragwürdig sein. Der Anteil der Eigensynthese ist relativ niedrig, besonders bei so hoher Fettzufuhr, wie sie in der vorliegenden Arbeit vorgenommen wurde, es scheint aber eine Teilbilanzierung für den Schlachtkörper immerhin wertvoll, um eine gewisse quantitative Vorstellung über den Fettstoffwechsel zu bekommen.

Die Schlachtkörperfettgehalte und die festgestellten Fettgehalte an Depotfett wurden auf TS-Basis berechnet (für das Depotfett wurde ein TS-Gehalt von 85 % angenommen).

Die Ergebnisse sind in Tabelle VII im Anhang aufgeführt.

Die Gehalte an Fett im Schlachtkörper entsprechen natürlich nicht der absoluten Fetteinlagerung, sondern liegen um 20 % - 30 % zu niedrig, da die Anteile für Darmkonvolut, Kopf mit Gehirn, Lebern und Ständer unberücksichtigt bleiben müssen. Die Gruppen A bis D haben mit 150 g Fett im Schlachtkörper und bei über 30 % für die bei der Schlachtung weggefallenen Teile, nur einen Prozentsatz des aufgenommenen Fettes eingelagert. Bei einer durchschnittlichen Futterverwertung von 1:1,95 und einem durchschnittlichen Endgewicht von 1 450 g, wurden pro Tier 2 680 g Futter durchschnittlich aufgenommen. 455 g Fett, umgerechnet auf Trockensubstanzmasse, wurden demnach pro Tier in der 2. bis zur 8. Woche (Gruppe A-D) aufgenommen. Über 50 % des Fettes werden also nach dieser Überschlagsrechnung von dem Tier nicht eingelagert, sondern dem Stoffwechsel zugeführt. Die Zahl liegt dabei aber etwas zu niedrig, da der Anteil des Darmkonvolutes und der anderen Schlachtabfälle relativ hoch angesetzt wurde. Interessant ist in diesem Zusammenhang auch die Feststellung, daß das Leberfett weit weniger als 1 % des Gesamtfettes ausmacht.

Eine Ausnahme macht die Gruppe E, die mehr Fett einlagert, als ihr aus dem Futter zur Verfügung stand. Bei 0,8 % Fettgehalt im Futter, einer durchschnittlichen Futterverwertung von 1:2,49, und einem durchschnittlichen Endgewicht von 1 117 g wurden pro Tier nur durchschnittlich 22 g Fett aufgenommen. Bei lediglich 15 % Linolsäure in dem Fett wird den Tieren also nur jeweils wenig mehr als 3,3 g Linolsäure in der gesamten Wachstumsperiode zugeführt. Damit ist der Linolsäurebedarf offensichtlich nicht gedeckt, woraus die geringen Zunahmen sowie die unbefriedigende Futterverwertung und Futteraufnahme zu erklären sind. Eine Kalkulation des durchschnittlichen Fettgehaltes des Schlachtkörpers ergibt 44,3 g. Nur 50 % dieses Fettanteils können aus dem Futter stammen, für das Gesamttier mit Berücksichtigung der Schlachtverluste verschiebt sich das Gesamtbild noch etwas, so daß man mit 57 g durchschnittlichem Fettgehalt der Tierkörper rechnen kann, wovon nur 22 g aus dem Futter stammen können, was ca 37 % des Körperfettes ausmacht.

Ein interessanter Aspekt deutet sich für die Linolsäureversorgung an, die, wie erwähnt, mit wenig mehr als 0,12 % der Gesamtration unter den von NISSAR (1962) zusammengestellten Werten liegt. Die Einlagerung in den Schlachtkörper beträgt aber 5,9 % mit Schwankungen von 4 bis 7 g. Bei der Aufnahme von 3,3 g Linolsäure besteht also ein deutlicher Anteil an Eigensynthese. Es kann aber über die Struktur der vorhandenen Linolsäure nichts Näheres ausgesagt werden. Vor allem ist nicht bewiesen, daß es sich um  $\omega$ -6-Linolsäure handelt, die ja nach den heutigen Kenntnissen nicht vom Tier selbst synthetisiert werden kann (in der Literaturübersicht werden diese Zusammenhänge eingehend dargestellt). Eine Synthese der Linolsäure mit  $\omega$ -6-Stellung aus Ölsäure widerspricht allen Erkenntnissen der molekularbiologischen Forschung auf dem Fettgebiet, da eine Doppelbildung nicht nachträglich vom Methylende aus eingeführt werden kann und die Ölsäure eine Doppelbildung in  $\omega$ -9-Stellung hat. Rein theoretisch scheint eine Synthese lediglich durch Dehydrierung mittellanger Fettsäuren (etwa C 12) in  $\omega$ -6-Stellung und anschließender erneuter Dehydrierung vom Carboxylende her unter Kettenverlängerung vielleicht möglich.

Auch folgende Erklärung erscheint nicht einleuchtender: Die Tiere legten sich in der ersten Lebenswoche, in der sie vorgefüttert wurden, eine Linolsäurereserve an, die sie bis zur 8. Woche ausnutzen konnten. Bei durchschnittlich 104 g Gewicht nach einer Woche kann die Linolsäureeinlagerung aber auch kaum mehr als 1 g betragen haben, womit die Differenz zur tatsächlichen Einlagerung immer noch nicht geklärt ist.

Nur 50 % der zugeführten Linolsäure wurden bei den mit 20 % Fett versorgten Gruppen in die Körperlipide eingebaut, was sowohl für die Gruppen A und B, wie auch für die Gruppen C und D gilt.

Interessant ist in diesem Zusammenhang auch die Tatsache, daß steigender Fettgehalt des Schlachtkörpers sich in selektiver Einlagerung bestimmter Fettsäuren äußert. Dabei herrscht die Tendenz vor, daß die im Futterfett relativ gering enthaltenen Fettsäuren im Schlachtkörperfett mit steigendem Fettgehalt immer weniger vertreten sind (die Tab. XII im Anhang zeigt die berechneten Korrelationen zwischen dem Gesamtfettgehalt und den wichtigsten Fettsäuren). Es ist also durchaus nicht der Fall, daß steigende Fettgehalte eine immer weitergehende Ähnlichkeit mit dem Futterfett bewirken. Vielmehr nimmt der prozentuale Gehalt an den im Futter nur wenig vertretenen Fettsäuren im Gesamtkörper mit steigendem Fettgehalt ab.

#### 4.6 Gleichsinnige, gekoppelte, unabhängige Veränderungen der einzelnen Fettsäuren

Das Verhalten der einzelnen Fettsäuren in den einzelnen Körperfraktionen soll hier mit besonderer Berücksichtigung der gegenseitigen Beeinflussung kurz dargestellt werden.

Die Tab. XII im Anhang zeigt eine Aufstellung der Spearmannschen Korrelationskoeffizienten zwischen den Fettsäuren des Gesamtkörperfettes und den Fettsäuren des reinen Depotfettes.

Folgende Ergebnisse sind besonders erwähnenswert:

Wie hoch positiven Korrelationen zwischen C 14 und C 16 ergeben sich nur für das Schlachtkörperfett, nicht aber für das reine Depotfett. C 18 und C 18:1 sind bei den Gruppen A und B gut korreliert. Ebenso zeigen die Säuren C 18:1 und C 18:2 ein deutlich gleichsinniges Verhalten. Andererseits sind bei den Gruppen C und D C 18 und C 18:1 nur bei Gruppe C positiv gekoppelt, Gruppe D zeigt eine relativ hohe negative Korrelation. Diese Ergebnisse aus Analysen des Schlachtkörperfettes werden durch die Ergebnisse aus den Untersuchungen des Depotfettes bestätigt. Die Korrelation zwischen C 18:1 und C 18:2 ist für beide Fettanteile deutlich negativ. Auf die anderen Körperlipide lassen sich diese Ergebnisse nicht übertragen, diese präsentieren sich weit heterogener (Tab. VII im Anhang führt die entsprechenden Werte für die Skelettmuskel-, Brustmuskel- und Leberfette gesondert auf).

#### 4.7 Erörterung einer optimalen Fettzusammensetzung

Zum Schluß soll nur kurz die Frage der optimalen Fettzusammensetzung in der Ration erörtert werden. Aus den Ergebnissen dieser Arbeit kann geschlossen werden, daß das Mastküken Fettzusammensetzungen verschiedener Art gut verwertet. Inwieweit die metabolische Rate durch Wahl geeigneter Fettsäurezusammensetzungen gesenkt werden kann, ist nicht bekannt. Allerdings können folgende Forderungen für die Fettzusammensetzung einer Broilerration gegeben werden, wenn man das vorwiegend aus Eigensynthese erstellte Körperfett der Gruppe E mit den aus extrem verschiedenen Fetten aufgebauten Fettsäurespektren der Gruppen B sowie C und D vergleicht.

Das Verhältnis von gesättigten und ungesättigten Fettsäuren sollte etwa 40 % : 60 % betragen, wobei die Angaben eine gewisse Toleranz gegenüber Abweichungen nach oben oder unten beinhalten. Fettsäuren mittlerer und kurzer Kettenlänge werden in größerem Umfang verlängert, wodurch die metabolische Rate ungünstig beeinflusst werden dürfte. Das Verhältnis zwischen Stearinsäure und Palmitinsäure sollte nicht enger als 1:3 sein, da die Stearinsäureverdaulichkeit deutlich schlechter ist und abgesehen von den

Stoffwechsel- und Kreislauforganen (MOLNAR 1968), der Stearinsäuregehalt stets deutlich niedriger liegt als der Palmitinsäuregehalt. Deutliche Hydrierungsvorgänge bei den Gruppen C und D zeigen, daß ein Anteil von 10 % gesättigten Fettsäuren zu niedrig liegt. Der Anteil der ungesättigten Fettsäuren liegt mit 60 % etwas höher als der der gesättigten, da ein Einfluß auf die Verdaulichkeit der gesättigten Fettsäuren bewirkt wird. Ein Linolsäuremangel ist unter Normalbedingungen nicht zu erwarten, so daß hinsichtlich des Anteils an Linolsäure lediglich darauf geachtet werden muß, daß der Gehalt nicht unter 0,5-1 % der Ration sinkt. Die vorliegenden Ergebnisse lassen darauf schließen, daß ein Verhältnis 1:1 (Ölsäure : Linolsäure) als günstig anzusehen sein dürfte. Auch hier ist aber offensichtlich ein weiter Spielraum möglich. Nähere Angaben sind nur nach differenzierteren Stoffwechselversuchen möglich; die Frage der optimalen Zusammensetzung ist aber offensichtlich nicht nur ein Problem der Gesamtfettzusammensetzung des Futters. Nicht zuletzt muß darauf hingewiesen werden, daß die Wirkung der verschiedenen Fettfraktionen, insbesondere der Phospholipide in der diätischen Wirkung noch nicht erforscht sind.

## 5. Zusammenfassung

An 40 männlichen Broilern wurden bei restriktiver Fütterung physiologische Daten für das heterolipide Reaktionsvermögen und die Fettoleranz ermittelt. Zusätzlich wurden Stoffwechseldaten für den Einsatz von Lecithin und Glycerin-mono-distearat erarbeitet. Es ergaben sich folgende Ergebnisse:

- 1) Broiler zeigen eine hohe, von der Fettsäurezusammensetzung weitgehend unabhängige, Fettoleranz.  
20 % Fett im Futter bedingt keine pathologischen Leberverfettungen bei Broilern.
- 2) Nur 50 % des aufgenommenen Fettes kommt bei diesen hohen Fettgaben zur Einlagerung.
- 3) Das heterolipide Reaktionsvermögen der Broiler ist begrenzt durch einen Minimalbedarf an gesättigten und ungesättigten Fettsäuren.
- 4) Dieses heterolipide Verhalten erstreckt sich auf Muskel- und Depotfett. Die Leber dagegen hat ein typisches Fettsäurespektrum, das auch bei derartig hohen Gaben nicht wesentlich in der Zusammensetzung beeinflusst werden kann.
- 5) In der Fettmangelsituation ist das Fettaufbauvermögen von Broilern beträchtlich, die Dehydrierung setzt dabei schon bei C 14 und C 16 ein, was im Gegensatz zu dem Verhalten normal versorgter Tiere steht.
- 6) Eine Linolsäureversorgung von ca 0,1 % des Futters ist unzureichend. Eine Versorgung von 2 % führt zu quantitativ ebenso hoher Arachidonsäuresynthese wie von 10 % Linolsäure im Futter.
- 7) Laurinsäureeinlagerungen über 40 % des Gesamtkörperfettes konnten nachgewiesen werden.
- 8) Mit Soja-Lecithin und Glycerin-mono-distearat konnte die bereits vorhandene hohe Verdaulichkeit der Fette nicht verbessert werden. Eine Verbesserung der TS-Verdaulichkeit war aber statistisch abzusichern.
- 9) Emulgatoren beeinflussen die qualitative Zusammensetzung der Körperfette durch verstärkte Angleichung an die Futterfettzusammensetzung.

- 10) Die Kombinationsmöglichkeit der titrimetrischen Fettbestimmung mit gaschromatographischen Verfahren wird aufgezeigt.

## 6. Literaturverzeichnis

- ACOSTA, S.O., W.W. MARION u. : Poultry Science 45, (1966).  
R.H. FORSYTHE
- ADAMSON, L.P., G.K. LEEPER u. : Journal of Nutrition 73, 247, (1961).  
E. ROSS
- ALBERTS, A.W. : Biochemistry 3, 1563 (1964).
- ANKER, H.S. : Journal of Biological Chemistry  
194, 177 (1952).
- ANONYM : Nutrition Requirements, Poultry,  
1963, London.
- ANONYM : Nutrition Rev. 23, 343 (1965).
- ANONYM : Dragoco Report 5, (1966).
- ANONYM : The Atlas HLB-System, 4. Aufl.  
Wilmington, Delaware, 1963.
- ARTMANN, N.R. : Poultry Science 43, 994 (1964).
- ASHWORTH, C.T. u. : Journal of Lipid Research Vol. 4  
J.M. JOHNSTON : No. 4, 454, 1963.
- AUGER, V.H. H.S. ROLLMANN u. : Journal of Nutrition 33, 177 (1947).  
K.S. ROLLMAN u. H.T. Deuel
- KULT, W.C., R.W. RIEMENSCHNEIDER, Oléagemiex, 17, 19, 79 (1962).  
D.H. SAUNDERS u. A.W. WRIGLEY:
- BAKER, N. u. M.C. SCHOTZ : J. Lipid Res. 5, 188 (1964).
- BERG, G. u. U. TROLL : Fortschr. d. Medizin 86, 879 (1968).
- BIEDERMANN, R. : Zeitschr. Tierphysiol., Tierern.,  
Futtermkd. 25, 65 (1969).
- BLANKENHORN, D.H. u. : J. Biol. Chem. 212, 69 (1955).  
E.H. AHRENS jr.
- BLOOMFIELD, D.K. u. K. BLOCH : J. Biol. Chem. 235, 337 (1960).
- BLIGH, E.G. u. W.J. DYER : CANAD. J. Biochem. Physiol. 37,  
912 (1959).
- BRESSLER, R. u. S.J. WAKIL : J. Biol. Chem. 237, 1441 (1962).
- BRÜGGEMANN, J., K.H. NIESAR u. : Die Nahrung 7/1, 1, (1963).  
Chr, ZENTZ

- CALLOWAY, D.H. u. G.W. KURTZ : Food Research, 21, 621 (1956).
- CAREW JR., L.B., M.C. NESHEIM u. F.W. HILL : Poultry Sci. 42, 10, (1963).
- CASTER, W.U., D.G. HILL u. R.T. HOLMAN : J. Animal Sci. 22, 389, (1963).
- CHUNG, R.A. u. C.S. LIN : Journal of Food Sc. 20, 632 (1965).
- CHUNG, R.A., J.C. ROGLER u. W.J. STADELMAN, : Poultry Science, 44, (1965).
- CHUNG, R.A., C.L. RAMEY, C.C. LIN, J.A. WALLS, S.H. SETTLER u. E.T. MILES : Journal of Food Sc. 30, 632 (1965).
- CHUNG, R.A., E.Y. DAVIS, R.A. MUNDAY, Y.J. TSAO, u. A. MOORE : Poultry Science 45, 130, (1966).
- COOTS, R.H. : Journal of Lipid Research, 5, 473 (1964).
- DAMMERS, J. : 21. Vortragstagung, Gesellsch. f. Ernährungsphysiol. der Haustiere, 1967.
- DONALDSON, W.E. : Poultry Science, 41, 1060 (1962).
- DONALDSON, W.E. : Poultry Science 45, 473, (1966).
- v. DOMP, D.A. : Naturwissenschaften, 56, 1969.
- EBERHAGEN, D., B. WITTMANN u. W. SEITZ : Hoppe-Seylers Z.physiol. Chemie, 349, 881 (1968).
- EBERHAGEN, D. u. W. SEITZ : Hoppe-Seylers Z.physiol. Chemie, 350, 751 (1969).
- ELOVSON, J. : Biophys. Acta 106, 291 (1965).
- EVANS, R. : Journal of Nutrition 76, 314 (1962).
- EISENBURG, J.P. : Fortschr.d.Med. 87, 185 (1969).
- EDS, D.A. : Bird Structure, Hutschinson, London 1968.
- EDWARDS, H.M. jr. u. J.E. MARION: Journal of Nutrition 81, 123 (1963).
- FANGAU, R., H. MACKROTT u. H. VOGT : Geflügelfütterung, Eugen Ullmer, Stgt. 1960.

- FEDDE, W.R., P.L. WAIBEL u. R.E. BURGER : Journal of Nutrition 70, 447 (1958).
- FITCH, C.D., J.S. DINNING, I.A. WITTING u. M.K. HORWITT : Journal of Nutrition, 75, (1961).
- FOLCH, J., M. LEES u. G.H. Sloane STANLEY : Journal Biol. Chem. 226, 497 (1957).
- GIAM, J. u. C.R. DUGAN jr. : Journal of Food Sc. 30, 262 (1965).
- GIBSON, D.M., E.B. TITCHENER u. S.J. WAKIL : Biochim. biophys. Acta 23, 219 (1957).
- GIBSON, D.M., E.B. TITCHENER u. S.J. WAKIL : Biochim. biophys. Acta 30, 376 (1958).
- GLENN, J.L. u. H. DAM : Journal of Nutrition, 86, 143 (1965).
- GREEN, D.E. : Biol. Rev., 29, 330 (1954).
- HAFEZ, E.S. : Animal Science, 20, 650 (1963).
- HÄRTEL, H. : Dissertation Hohenheim, 1966.
- HARTFIEL, W. : Fleischwirtschaft, Nr. 4, 339 (1965).
- HARTFIEL, W. : Fleischwirtschaft, Nr. 5, 487 (1967).
- HANDWERCK, V. u. P. FAVARGER : Helv. chim. Acta, 42, 505 (1959).
- HARLAN, W.R. u. S.J. WAKIL : J. Biol. Chem., 238, 3216 (1963).
- HAUBOLD, H. : Fette, Seifen, Anstrichmittel 61, 669 (1959).
- HAUBOLD, H., E. HEUER, W.LOEW u. R. ROHUSCHINSKYJ : Fette, Seifen, Anstrichmittel : 64, 606 (1962).
- HOFMANN, A.F. u. B.BORGSTRÖM : Federation Proc., 21, 45 (1962).
- HIVON, K.J., S.N. HAGAN u. E.B. WILE : J. Americ. Oil Chemists Soc. 41, 362 (1964).
- HOLMER, G., G. KRISTENSEN, SØNDERGAARD u. H. DAM. : Brit. Journal of Nutrit., 16, 379 (1962).
- HOLMAN, R.T. : Fette, Seifen, Anstrichmittel 53, 332 (1951).
- HOLMAN, R.T. u. PFEIFER : Journal of Nutrit., 68, 155 (1959).
- HOLMAN, R.T. : Journal of Nutrit., 70, 405 (1960).

- ISAACKS, R.E., R.E. DAVIES, T.M. FERGUSON u. J.R. COUCH : Poultry Science, 43, 105 (1964).
- ISAACKS, R.E., R.E. DAVIES, R. REISER u. J.R. COUCH : Journal of Amer. Oil Chemists Soc. : 40, 747 (1963).
- ISSELBACHER, K.J. : Gastroenterology 50, 961, (1967).
- JONES, C.M. : Annals of Internal Medicine 29, 1, (1951).
- JURRIENS, G., B. de VRIES u. L. SCHOUTEN : Journal Lipid Res., 5, 267 (1964).
- v.d. KAMER, J.H. : Standard Methods of chemical Chemistry, New York, 2, 43, 1958.
- KAISER, R, : Chromatographie in der Gasphase, Mannheim 1961.
- KAUFMANN, H.P. u. G. MANKEL : Fette, Seifen, Anstrichmittel, 65, 197 (1963)
- KAUFMANN, H.P. u. G.A. MANKEL : Fette, Seifen, Anstrichmittel, 68, 492 (1966).
- KAUNITZ, H., C.A. SLANETZ, R.E. JOHNSON u. V.K. BABAYAN : Journal of Nutrition, 71, 400 (1960).
- KAUNITZ, H., C.A. SLANETZ, R.E. JOHNSON u. V.K. BABAYAN : Journal of Nutrition, 73, 386 (1961).
- KLENK, E. u. H. MORHAUER : Z. Physiol. Chem., 320, 218 (1960).
- KNOOP, F. : Beitr. Chem. Physiol. Pathol., 6, 150 (1904).
- KORETZKI, A.F. u. A.B. TAUBMANN : Fette, Seifen, Anstrichmittel, 68, 766 (1966).
- KREHL, W.A. G.R. COWGILL u. A.D. WHEDON : Journal of Nutrition, 55, 35 (1955).
- KROMANN, H.S. u. S.R. BENDER : Theory and Application of Gas Chromatographie in Industry and Medicine. Grune + Stratton, New York 1968.
- LANG, K. : Hoppe Seylers Z.physiol. Chemie, 261, 240 (1939).

- LEHNARTZ, E. : Einführung in die chem. Physiologie, 11. Aufl., Verlag Springer, Berlin-Hamburg 1959.
- LENKEIT, W. : Einführung in die Ernährungsphysiologie der Haustiere, Verlag Enke, Stuttgart, 1953.
- LEVEILLE, G.A., J.A. TILLOTON u. H.E. SAUBERLICH : Journal of Nutrition, 81, 357 (1963).
- LEVEILLE, G.A. : Journal of Nutrition, 98, 367 (1969).
- LIPMAN, F. : J. Cellul.Com.Physiol., 41, 109 (1953).
- LORIETTE, C., C. GUY u. J. ROULIN : Séances Acad. Sci., 255, (1962).
- LOVELOCK, J.E., A.T. JAMES u. C.E. ROWE : The biochemical Journal, 74, 137 (1960).
- LYNEN, F. : Bull. Soc. Chim.biol. 25, 1061 (1953).
- LYNEN, F., J. HOPPER-KESSEL u. H. EGGERER : Biochem.Z., 340, 95 (1964).
- MARCH, B.E. u. J. BIELY : Poultry Science, 41, 9 (1962).
- MARION, J.E. u. J.G. WOODROOF : Poultry Science, 42, 1202 (1963).
- MARION, J.E. u. H.M. EDWARDS jr.: Journal of Nutrition, 81, 55 (1963).
- MARION, J.E. u. J.G. WOODROOF : J. of Food Sci., 30, 38 (1965).
- MARION, J.E. u. J.G. WOODROOF : Poultry Science, 45, 241 (1966).
- MARTIN, W.G., N.H. TATRIC u. W.H. COOK : Canad.J.Biochem.Physiol., 41, (1963).
- MATTSON, F.H. : Journal of Nutrition, 71, 366 (1960).
- MEAD, J.F. : Amer.Clin.Nutr. 8, 55 (1960).
- MICKELBERRY, W.C., J.C. ROGLER u. W.J. STADELMAN : Poultry Science 45, 313 (1966).
- MOHME, H. : Dissertation, Göttingen 1969.
- MOLNAR, S. : Zeitschr. Tierphysiol., Tierernährung 24, 268 (1968).

- MONSEN, E.R., R. OKEY u. R.L. LYMAN : Metabolisme, 11, 1113 (1962).
- MORHAUER, H. u. R.T. HOLMAN : Journal of Nutrition 81, 67 (1963).
- MORHAUER, H. u. R.T. HOLMAN : J. Americ. Oil Chem. Soc. 42, 639 (1965).
- NIESAR, K.H. : Naturwissenschaften, 50, 646 (1963).
- NIESAR, K.H. : Landw. Forsch., Sonderheft Nr. 18, 128 (1964).
- NIESAR, K.H. : Zentralblatt Vet.-med., 12, 589 (1965).
- NIESAR, K.H. : Fette, Seifen, Anstrichmittel, 68, 391 (1966).
- NOWAK, G.A. : Fette, Seifen, Anstrichmittel, 68, 391 (1966).
- NUTGEREN, D.H. : Biochim.biophys. Acta 106, 280 (1965).
- NUTGEREN, D.H. : Biochem. J., 89, 289 (1966).
- OKEY, R., et al. : Journal of Nutrition, 75, 51 (1961).
- OSTRANDER, J. u. C.R. DIEGAN jr. : Journal Americ. Oil Chem. Soc., 39, 178 (1962).
- OSTWALD, R., R. OKEY, A. SHANNON u. Joan TINOCO : Journal of Nutrition, 76, 341 (1962).
- PATIL, V.S. u. N.G. MAGAR : The Biochemical Journal 74, 427 (1960).
- PATIL, V.S. u. N.G. MAGAR : The Biochemical Journal, 74, 441 (1960).
- PELCHZRIM, v. R. : Dissertation Giessen 1967.
- PELUFFO, R.O., R.R. BRENNER u. O. MERCURI : Journal of Nutrition 81, 110 (1963).
- PORTER, J.W. u. A. TIETZ : Biochim.biophys. Acta, 25, 41 (1957).
- PRABUCKI, A.L. : Vortrag, Giessen 1968.
- RAVEN, A.M. u. K.L. ROBINSON : J. Sci. Fd.Agric. 15, (1964).

- REISER, R., M.C. WILLIAMS, M.F. SORRELS u. N.L. MURTY : J.biol.chem. 102, 276 (1963).
- RENNER, R. u. F.W. HILL : Journal of Nutrition, 74, 259 (1961).
- RENNER, R. : Poultry Science 44, 861 (1965).
- RILS, P.M. u. P.E. JAKOBSEN : in Handb. der Tierernährung, Verlag Paul Parly, Hamburg/Berlin, 455, 1969.
- SACHS, L. : Stat. Auswertungsmethoden, Springer Verlag, Berlin-Heidelberg, 1968.
- SADINI, V. : Il Latta, 37, 933 (1963).
- SCHON, H., U. STRUNK, N. HENNING, Med. u. Ern., 6, 27 (1965).  
u. G. BERG :
- SCHOENHEIMER, R. u. D, RITTENBERG : J. biol. Chem., 120, 155 (1937).
- SCHRADE, W.S., E. BÖHLE u. R. RIEGLER : Dtsch.med. Wochenschr., 86, 781 (1961).
- SEHER, A. u. R. KÜHNAST : Fette, Seifen, Anstrichmittel, 67, 657 (1965).
- SEITZ, H.J., H. BÜHRING, H. FELDWMANN u. W. LIERSE : Hoppe Seylers Z. Physiol. Chem. 350, 951 (1969).
- SELL, J.L. u. G.L. HODGSON : Journal of Nutrition, 76, 113 (1962).
- SHAPIRO, B. : Wld. Rev. Nutrit. Dieteties, 4, 79-91 (1963).
- SIBBALD, J.R., S.J. SLINGER u. G.C. ASHTON : Poultry Science 41, 46 (1962).
- SICKINGER, K. : Dtsch. Med. Wschr., 93, 1600(1968).
- SKODA, W. u. V.D. TEMPEL : J. Colloid. Sci., 18, 568 (1962).
- SONNTAG, H. : Fette, Seifen, Anstrichmittel, 68, 766 (1966).
- SPECHTMAYER, H. : Med. Welt 39, 2075 (1968).
- STAHLHEBER, H. u. M. OTTE : Dt. Med. Wschr., 94, 1097 (1969).
- STOFFEL, W., F.C.CHU u. E.H. AHRENS jr. : Analyt. Chemistry, 31, 307 (1959).

- STOFFEL, W. u. K.L. ACL : Hoppe Seylers Z. physiol. Chem. 337, 123 (1964).
- STOFFEL, W. u. H.G. SCHIEFER : Hoppe Seylers Z. physiol. Chem. 345, 41 (1966).
- STOFFEL, W. : Naturwissenschaften 53, 621 (1966).
- SUBRAMANYAM, S.V. u. R.E.S. GOPAL : Colloid-Z., 80, 210 (1966).
- SUNDE, M.L. : Poultry Science, 35, 362 (1956).
- TADIC, R.M. : Acta Veterinaria, 16, 119 (1966).
- THOMASSON, H.J. : Journal Americ. Oil Chemists Soc. 39, 24 (1962).
- TOVE, S.B. u. F.H. SMITH : Journal of Nutrition 71, 264 (1960).
- TOVE, S.B. : Journal of Nutrition, 84, 237 (1964).
- VALDIVIESO, V.D. u. A.D. SCHWABE : Gastroenterology, 48, 336 (1965).
- VOIGT, K.D., M. APOSTOLAKIS u. G. GRIMMER : Klin. Wschr., 43, 732 (1965).
- WACHS, W. u. S. HAYANO : Fette, Seifen, Anstrichmittel, 64, 1043 (1962).
- WAGNER, H., O. WAGNER u. K. BERNHARDT : Zeitschr. f. physiol. Chemie, 323, 105 (1961).
- WAIBEL, P.E. : Poultry Science, 34, 1226 (1955).
- WAITE, M. u. S.J. WAKIL : Journal biol. Chem., 237, 2750 (1962).
- WAKIL, S.J. : J. Amer. Chem. Soc. 80, 6465 (1958).
- WAKIL, S.J., E.B. TITCHENER u. D.M. GIBSON : Biochim. biophys. Acta, 34, 227 (1959).
- WAKIL, S.J. u. J.GANGULY : J. Amer. Chem. Soc., 81, 2597 (1959).
- WALKER, L.B. u. F.A. KUMMEROW : Journal of Nutrition 81, 75 (1963).
- WINTERFELD, v. : Ärztl. Praxis, 41, 2441 (1969).
- YOUNG, R.J. u. R.L. GARRET : Journal of Nutrition 81, 321 (1963).

-----

T a b e l l e 1

Gesamtverzehrsmengen 2. - 8. Woche in Gramm

|   | A     | B     | C     | D     | E     |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 2 529 | 2 535 | 2 526 | 2 535 | 2 535 |
| 2 | 2 518 | 2 514 | 2 530 | 2 535 | 2 436 |
| 3 | 2 535 | 2 536 | 2 592 | 2 532 | 2 532 |
| 4 | 2 495 | 2 538 | 2 530 | 2 538 | 2 535 |
| 5 | 2 348 | 2 536 | 2 534 | 2 538 | 2 518 |
| 6 | 2 532 | 2 538 | 2 538 | 2 538 | 2 535 |
| 7 | 2 538 | 2 534 | 2 538 | 2 538 | 2 534 |
| 8 | 2 396 | 2 538 | 2 519 | 2 535 | 2 532 |

T a b e l l e 2

Endgewichte in Gramm

|               | A      | B      | C      | D      | E     |
|---------------|--------|--------|--------|--------|-------|
| 1             | 1 427  | 1 465  | 1 415  | 1 522  | 1 129 |
| 2             | 1 518  | 1 410  | 1 563  | 1 494  | 962   |
| 3             | 1 492  | 1 519  | 1 408  | 1 522  | 1 076 |
| 4             | 1 354  | 1 426  | 1 542  | 1 504  | 1 164 |
| 5             | 1 352  | 1 529  | 1 496  | 1 377  | 1 170 |
| 6             | 1 430  | 1 490  | 1 485  | 1 448  | 1 120 |
| 7             | 1 417  | 1 535  | 1 490  | 1 475  | 1 134 |
| 8             | 1 319  | 1 490  | 1 393  | 1 362  | 1 184 |
| x             | 11 309 | 11 864 | 11 792 | 11 704 | 8 939 |
| $\frac{x}{n}$ | 1 414  | 1 483  | 1 475  | 1 464  | 1 118 |

(Forts. s. S. 107)

Zunahmen 2. - 8. Woche in Gramm (Forts. von S. 106)

|                    | A      | B      | C      | D      | E     |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|-------|
| 1                  | 1 321  | 1 353  | 1 309  | 1 428  | 1 018 |
| 2                  | 1 406  | 1 307  | 1 452  | 1 384  | 859   |
| 3                  | 1 379  | 1 413  | 1 302  | 1 416  | 970   |
| 4                  | 1 259  | 1 321  | 1 437  | 1 403  | 1 058 |
| 5                  | 1 250  | 1 428  | 1 394  | 1 272  | 1 168 |
| 6                  | 1 330  | 1 384  | 1 381  | 1 344  | 1 018 |
| 7                  | 1 312  | 1 440  | 1 388  | 1 369  | 1 031 |
| 8                  | 1 220  | 1 381  | 1 297  | 1 260  | 1 079 |
| $\Sigma$           | 10 477 | 11 027 | 10 960 | 10 876 | 8 101 |
| $\frac{\Sigma}{n}$ | 1 311  | 1 379  | 1 369  | 1 358  | 1 013 |

T a b e l l e 3

Futtermverwertung 2. - 8. Woche

|                    | A    | B    | C    | D    | E    |
|--------------------|------|------|------|------|------|
| 1                  | 1,97 | 1,87 | 1,93 | 1,78 | 2,49 |
| 2                  | 1,79 | 1,92 | 1,74 | 1,83 | 2,98 |
| 3                  | 1,84 | 1,79 | 1,94 | 1,79 | 2,61 |
| 4                  | 1,90 | 1,92 | 1,76 | 1,79 | 2,39 |
| 5                  | 1,88 | 1,78 | 1,81 | 1,88 | 2,35 |
| 6                  | 1,90 | 1,83 | 1,83 | 1,85 | 2,29 |
| 7                  | 1,93 | 1,76 | 1,83 | 1,85 | 2,45 |
| 8                  | 1,88 | 1,84 | 1,94 | 2,01 | 2,35 |
| $\frac{\Sigma}{n}$ | 1,88 | 1,83 | 1,85 | 1,87 | 2,49 |

T a b e l l e 4

Schlachtgewichte und Körperfraktionen

Schlachtgewichte in Gramm

|   | A     | B     | C     | D     | E   |
|---|-------|-------|-------|-------|-----|
| 1 | 1 055 | 1 081 | 1 019 | 1 120 | 782 |
| 2 | 1 114 | 1 037 | 993   | 1 103 | 690 |
| 3 | 1 069 | 1 095 | 1 075 | 1 116 | 767 |
| 4 | 993   | 1 033 | 1 130 | 1 117 | 828 |
| 5 | 926   | 1 093 | 1 098 | 997   | 843 |
| 6 | 1 024 | 1 072 | 1 094 | 1 064 | 801 |
| 7 | 1 417 | 1 118 | 1 097 | 1 060 | 782 |
| 8 | 940   | 1 100 | 991   | 975   | 861 |

Lebergewichte in Gramm

|       | A    | B    | C    | D    | E    |
|-------|------|------|------|------|------|
| 1     | 28,5 | 25,5 | 27,0 | 28,5 | 24,0 |
| 2     | 27,0 | 26,5 | 34,5 | 26,0 | 23,0 |
| 3     | 31,0 | 30,0 | 29,0 | 32,0 | 23,0 |
| 4     | 21,0 | 27,0 | 26,0 | 34,0 | 25,0 |
| 5     | 28,0 | 27,0 | 24,0 | 28,0 | 24,0 |
| 6     | 30,0 | 29,0 | 30,0 | 26,5 | 25,0 |
| 7     | 29,0 | 26,0 | 30,0 | 27,0 | 23,0 |
| 8     | 29,0 | 28,0 | 31,0 | 29,0 | 25,5 |
| Ø     | 27,9 | 27,4 | 28,9 | 28,9 | 24,1 |
| S % ± | 11,4 | 5,4  | 11,9 | 9,1  | 4,6  |

(Forts. s. S. 109)

T a b e l l e 4 (1. Forts.)

Brustmuskeltgewichte in Gramm

|       | A    | B    | C    | D    | E    |
|-------|------|------|------|------|------|
| 1     | 58,0 | 55,0 | 49,0 | 57,5 | 49,0 |
| 2     | 57,0 | 60,0 | 58,0 | 51,5 | 37,0 |
| 3     | 61,0 | 58,0 | 53,0 | 58,0 | 49,0 |
| 4     | 52,0 | 54,0 | -    | 60,0 | 46,0 |
| 5     | 48,0 | 65,0 | 50,0 | 50,5 | 47,0 |
| 6     | 53,0 | 59,0 | 54,0 | 60,0 | 51,0 |
| 7     | 62,0 | 57,0 | 62,0 | -    | 55,0 |
| 8     | 51,0 | 57,0 | 61,0 | 47,4 | 49,0 |
| Ø     | 56,1 | 57,6 | 55,3 | 55,0 | 47,9 |
| S % ± | 10,5 | 6,5  | 9,2  | 8,9  | 6,0  |

Gewichte der Muskeln des Tibiotarsus in Gramm

|       | A    | B    | C    | D    | E    |
|-------|------|------|------|------|------|
| 1     | 50,0 | 42,0 | 47,0 | 54,0 | 41,0 |
| 2     | 54,0 | 53,0 | 50,0 | 51,5 | 31,0 |
| 3     | 44,0 | 49,5 | 49,0 | 51,5 | 41,0 |
| 4     | 48,0 | 44,5 | -    | 59,0 | 44,0 |
| 5     | 40,5 | 50,5 | 46,0 | 45,5 | 42,0 |
| 6     | 43,0 | 50,0 | 48,0 | 51,0 | 39,0 |
| 7     | 48,0 | 48,0 | 46,0 | -    | 44,0 |
| 8     | 39,5 | 51,5 | 46,0 | 42,0 | 47,0 |
| Ø     | 45,9 | 48,6 | 47,4 | 50,6 | 41,1 |
| S % ± | 10,5 | 7,6  | 3,4  | 7,8  | 11,6 |

(2. Forts. S. S.110)

T a b e l l e 4 (2. Forts.)

Gewichte des Depotfettes in Gramm

|       | A    | B    | C    | D    | E          |
|-------|------|------|------|------|------------|
| 1     | 43,0 | 49,0 | 26,0 | 38,0 | ohne Depot |
| 2     | 35,5 | 43,0 | 44,0 | 35,5 |            |
| 3     | 26,0 | 38,0 | 11,0 | 48,0 |            |
| 4     | 45,5 | 32,0 | -    | 13,5 |            |
| 5     | 39,0 | 15,0 | 64,0 | 9,0  |            |
| 6     | 38,0 | 18,0 | 27,0 | 44,0 |            |
| 7     | 8,0  | 45,0 | 23,0 | 7    |            |
| 8     | 20,5 | 28,0 | 17,0 | 32,0 |            |
| Ø     | 31,9 | 33,5 | 30,3 | 31,4 |            |
| s % ± | 40,0 | 37,0 | 59,7 | 47,2 |            |

Herzgewichte in Gramm

|   | A   | B   | C   | D   | E   |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 | 6,1 | 5,5 | 5,0 | 7,0 | 4,5 |
| 2 | 6,2 | 7,0 | 7,0 | 6,0 | 6,0 |
| 3 | 6,1 | 7,0 | 7,0 | 5,5 | 4,5 |
| 4 | 6,2 | 5,5 | -   | 5,0 | 4,5 |
| 5 | 7,5 | 6,0 | 6,0 | 5,0 | 5,0 |
| 6 | 6,5 | 6,0 | 6,5 | 7,2 | 4,0 |
| 7 | 5,0 | 6,5 | 6,5 | -   | 5,5 |
| 8 | 6,0 | 6,0 | 7,0 | 7,0 | 3,5 |
| Ø | 6,2 | 6,2 | 6,4 | 6,1 | 4,7 |

Tabelle 4 (3. Forts.)

Magengewichte in Gramm

|   | A    | B    | C    | D    | E    |
|---|------|------|------|------|------|
| 1 | 13,0 | 15,0 | 15,0 | 18,5 | 16,0 |
| 2 | 14,0 | 14,0 | 19,0 | 16,0 | 10,0 |
| 3 | 14,0 | 20,5 | 18,0 | 16,5 | 17,0 |
| 4 | 14,0 | 21,0 | 16,0 | 19,0 | 20,0 |
| 5 | 12,0 | 19,0 | 16,0 | 15,0 | 13,0 |
| 6 | 14,5 | 14,0 | 18,0 | 15,5 | 13,0 |
| 7 | 14,0 | 20,0 | 13,0 | -    | 16,0 |
| 8 | 14,5 | 20,0 | 14,0 | 22,0 | 13,0 |
| Ø | 13,5 | 17,9 | 16,1 | 17,5 | 14,9 |

Tabelle 5

Frozent Ausschachtung

|       | A     | B     | C     | D     | E     |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1     | 73,30 | 73,52 | 71,66 | 72,73 | 68,20 |
| 2     | 73,45 | 73,19 | 70,69 | 73,56 | 70,69 |
| 3     | 72,11 | 71,82 | 70,31 | 73,65 | 70,77 |
| 4     | 73,04 | 72,23 | 73,28 | 73,74 | 70,19 |
| 5     | 70,93 | 71,88 | 72,99 | 71,97 | 71,24 |
| 6     | 71,05 | 70,20 | 73,47 | 72,93 | 70,00 |
| 7     | 71,06 | 75,96 | 73,76 | 71,46 | 75,40 |
| 8     | 70,00 | 72,35 | 73,22 | 71,58 | 65,57 |
| Ø     | 71,87 | 72,64 | 72,43 | 72,70 | 70,26 |
| s % ± | 1,7   | 2,4   | 1,4   | 1,5   | 3,9   |

T a b e l l e 5 (1. Forts.)

|       | A    | B    | C    | D    | E    |
|-------|------|------|------|------|------|
| 1     | 2,72 | 2,37 | 2,66 | 2,57 | 3,12 |
| 2     | 2,42 | 2,59 | 3,12 | 2,37 | 3,38 |
| 3     | 2,88 | 2,94 | 2,93 | 2,85 | 3,02 |
| 4     | 2,12 | 2,62 | 2,30 | 3,07 | 3,06 |
| 5     | 2,92 | 2,46 | 2,20 | 2,82 | 2,88 |
| 6     | 2,95 | 2,77 | 2,75 | 2,51 | 3,19 |
| 7     | 2,88 | 2,23 | 2,73 | 2,56 | 2,96 |
| 8     | 3,14 | 2,60 | 3,04 | 2,97 | 3,27 |
| Ø     | 2,75 | 2,57 | 2,71 | 2,72 | 3,08 |
| S % ± | 12,7 | 8,55 | 13,3 | 8,8  | 6,0  |

-----

T a b e l l e 6

Fettgehalte der untersuchten Körperfraktionen  
Schlachtkörper

|       | A     | B     | C     | D     | E    |
|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| 1     | 12,40 | 13,18 | 10,36 | 11,72 | 6,60 |
| 2     | 11,16 | 15,04 | 13,17 | 10,70 | 8,02 |
| 3     | 12,61 | 12,87 | 12,70 | 9,52  | 4,13 |
| 4     | 15,96 | 14,76 | -     | 10,20 | 4,44 |
| 5     | 13,23 | 11,12 | 15,08 | 7,18  | 5,19 |
| 6     | 13,29 | 12,88 | 11,55 | 12,64 | 4,15 |
| 7     | 9,60  | 11,00 | 11,20 | -     | 8,28 |
| 8     | 11,09 | 9,55  | 13,35 | 9,89  | 4,43 |
| Ø     | 12,42 | 12,55 | 12,49 | 10,55 | 5,66 |
| S % ± | 15,2  | 15,1  | 11,6  | 15,9  | 30,6 |

T a b e l l e 6 (1. Forts.)

Fettgehalt der Lebern

|     | A    | B    | C    | D    | E    |
|-----|------|------|------|------|------|
| 1   | 4,30 | 4,88 | 4,36 | 3,98 | 4,28 |
| 2   | 4,47 | 4,26 | 4,07 | 4,63 | 3,85 |
| 3   | 3,64 | 3,98 | 5,66 | 4,06 | 3,23 |
| 4   | 4,80 | 4,47 | -    | 3,58 | 3,03 |
| 5   | 3,94 | 4,66 | 4,22 | 3,66 | 2,84 |
| 6   | 3,78 | 4,06 | 3,46 | 3,64 | 3,38 |
| 7   | 4,39 | 3,80 | 3,28 | -    | 3,79 |
| 8   | 4,05 | 2,90 | 4,44 | 3,16 | 3,00 |
| Ø   | 4,17 | 4,12 | 4,26 | 3,80 | 3,40 |
| S % | 9,4  | 15,5 | 8,7  | 12,9 | 17,6 |

T a b e l l e 6(2. Forts.)

Fettgehalte der Brustmuskulatur in %

|     | A     | B    | C    | D    | E    |
|-----|-------|------|------|------|------|
| 1   | 1,92  | 1,17 | 1,62 | 0,80 | 1,46 |
| 2   | 2,05  | 1,34 | 1,86 | 1,11 | 1,56 |
| 3   | 1,50  | 1,18 | 2,38 | 1,13 | 0,88 |
| 4   | 1,85  | 1,20 | -    | 1,20 | 0,58 |
| 5   | 1,29  | 1,30 | 1,72 | 1,06 | 1,09 |
| 6   | 1,55  | 1,30 | 0,99 | 0,82 | 1,00 |
| 7   | 1,16  | 1,29 | 0,90 | -    | 1,09 |
| 8   | 1,18  | 1,39 | 1,28 | 0,94 | 1,17 |
| Ø   | 1,56  | 1,28 | 1,53 | 1,01 | 1,10 |
| S % | ±22,4 | 21,1 | 32,0 | 44,6 | 28,2 |

(3.Forts. s.S. 114)

Tabelle 6 (3. Forts.)

Fettgehalte der Muskulatur des Tibiotarsus in % (d.U.S.)

|           | A    | B    | C    | D    | E    |
|-----------|------|------|------|------|------|
| 1         | 5,80 | 2,64 | 4,55 | 2,34 | 2,57 |
| 2         | 3,00 | 3,06 | 4,04 | 3,92 | 3,97 |
| 3         | 3,47 | 2,42 | 4,04 | 4,13 | 1,58 |
| 4         | 2,86 | 4,40 | -    | 3,56 | 1,76 |
| 5         | 3,37 | 3,60 | 4,52 | 3,00 | 1,73 |
| 6         | 3,11 | 3,01 | 5,08 | 3,60 | 2,08 |
| 7         | 2,59 | 2,98 | 3,78 | -    | 2,94 |
| 8         | 2,84 | 2,80 | 6,59 | 3,40 | 1,99 |
| Ø         | 3,40 | 3,12 | 4,71 | 3,42 | 2,33 |
| S % $\pm$ | 29,7 | 19,2 | 18,1 | 16,1 | 34,3 |

-----

Tabelle 7

Trockensubstanzgehalte der Körperfraktionen in %

Schlachtkörper

|           | A     | B     | C     | D     | E     |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1         | 38,07 | 40,37 | 32,74 | 32,52 | 28,70 |
| 2         | 33,50 | 40,14 | 36,74 | 33,24 | 28,95 |
| 3         | 36,04 | 37,97 | 34,22 | 33,64 | 26,84 |
| 4         | 38,62 | 39,21 | -     | 32,12 | 27,87 |
| 5         | 35,70 | 38,00 | 39,86 | 33,80 | 27,19 |
| 6         | 38,87 | 35,86 | 34,80 | 31,52 | 27,19 |
| 7         | 33,52 | 34,37 | 34,44 | -     | 28,37 |
| 8         | 35,50 | 34,70 | 34,35 | 32,80 | 28,08 |
| Ø         | 36,19 | 37,05 | 35,30 | 32,80 | 28,26 |
| S % $\pm$ | 6,2   | 7,7   | 6,3   | 2,4   | 3,8   |

(1. Forts. s.S. 115)

T a b e l l e 7 (1. Forts.)

Trockensubstanzgehalte der Körperfraktionen; Leber-TS-Gehalte

|       | A     | B     | C     | D     | E     |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1     | 29,06 | 27,86 | 27,74 | 26,90 | 27,77 |
| 2     | 32,60 | 29,36 | 33,47 | 27,03 | 25,76 |
| 3     | 29,72 | 27,71 | 26,60 | 27,60 | 27,75 |
| 4     | 29,79 | 28,80 | -     | 28,26 | 25,78 |
| 5     | 28,00 | 31,50 | 28,20 | 28,41 | 27,29 |
| 6     | 28,85 | 29,04 | 27,71 | 27,60 | 26,63 |
| 7     | 29,97 | 31,79 | 28,22 | -     | 27,35 |
| 8     | 27,58 | 27,62 | 27,70 | 29,03 | 27,70 |
| Ø     | 29,45 | 29,21 | 28,52 | 27,83 | 27,00 |
| S % ± | 5,3   | 5,5   | 7,3   | 2,8   | 3,4   |

TS-Gehalte Brustmuskel (2.Forts.)

|       | A     | B     | C     | D     | E     |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1     | 27,55 | 30,11 | 24,77 | 24,95 | 25,41 |
| 2     | 28,90 | 28,54 | 25,35 | 24,21 | 25,32 |
| 3     | 29,32 | 28,12 | 25,68 | 25,34 | 25,50 |
| 4     | 28,40 | 30,71 | -     | 24,85 | 24,64 |
| 5     | 28,71 | 30,10 | 24,70 | 25,13 | 24,48 |
| 6     | 29,13 | 28,86 | 24,91 | 25,50 | 25,83 |
| 7     | 28,35 | 27,51 | 26,30 | -     | 25,38 |
| 8     | 28,92 | 29,70 | 25,98 | 24,82 | 24,76 |
| Ø     | 28,60 | 29,21 | 25,38 | 24,97 | 25,21 |
| S % ± | 5,3   | 2,3   | 2,6   | 0,5   | 2,26  |

(3.Forts. s.S. 116)

Tabelle 7 (3. Forts. )

TS-Gehalte der Muskeln des Tibiotarsus

|       | A     | B     | C     | D     | E     |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1     | 23,75 | 24,70 | 23,48 | 24,62 | 24,00 |
| 2     | 24,70 | 24,78 | 23,76 | 24,16 | 24,58 |
| 3     | 24,20 | 23,23 | 23,63 | 23,80 | 22,71 |
| 4     | 24,90 | 25,44 | -     | 24,56 | 22,74 |
| 5     | 23,90 | 26,22 | 23,69 | 23,85 | 23,35 |
| 6     | 24,04 | 25,57 | 23,88 | 25,00 | 23,57 |
| 7     | 24,35 | 26,12 | 24,91 | -     | 22,64 |
| 8     | 25,70 | 25,03 | 27,36 | 24,42 | 23,36 |
| Ø     | 24,56 | 25,00 | 24,55 | 24,18 | 23,37 |
| S % ± | 2,5   | 5,1   | 5,0   | 2,2   | 2,8   |

Tabelle 8

Korrelationen zwischen den Gewichten der einzelnen Körperfraktionen

Lebergewicht verglichen mit Depotfett

|  | A                                            | B     | C     | D     | E     |
|--|----------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
|  | -0,58                                        | -0,83 | +0,16 | +0,44 | -     |
|  | <u>verglichen mit Skelettmuskelgewicht</u>   |       |       |       |       |
|  | -0,79                                        | +0,30 | +0,34 | -0,25 | +0,46 |
|  | <u>verglichen mit dem Magengewicht</u>       |       |       |       |       |
|  | +0,48                                        | +0,38 | +0,21 | 0,00  | 0,00  |
|  | <u>verglichen mit dem Herzgewicht</u>        |       |       |       |       |
|  | +0,50                                        | +0,30 | +0,60 | +0,68 | -0,70 |
|  | <u>verglichen mit dem Brustmuskelgewicht</u> |       |       |       |       |
|  | 0,00                                         | +0,39 | +0,86 | +0,32 | 0,00  |

(Forts.s.S. 117)

T a b e l l e 8 (1.Forts.)

Brustmuskulgewicht verglichen mit Gesamtgewicht

| A                                                            | B     | C     | D     | E     |
|--------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| +0,74                                                        | +0,16 | 0,00  | +0,53 | -0,10 |
| <u>verglichen mit dem Skelettmuskulgewicht</u>               |       |       |       |       |
| +0,83                                                        | +0,70 | +0,50 | +0,66 | +0,23 |
| <u>Skelettmuskulgewicht verglichen mit dem Gesamtgewicht</u> |       |       |       |       |
| +0,64                                                        | -0,10 | +0,22 | +0,85 | +0,88 |

Korrelationen zwischen dem Leberfettgehalt und : (2.Forts.)

Muskelfettgehalt

| A     | B     | C     | D     | E     |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| +0,28 | -0,15 | +0,64 | +0,11 | +0,63 |

Fettverdaulichkeit

|       |       |       |      |       |
|-------|-------|-------|------|-------|
| +0,21 | -0,11 | +0,19 | 0,00 | -0,19 |
|-------|-------|-------|------|-------|

Fettgehalt des Skelettmuskels

|       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| -0,59 | +0,36 | +0,39 | +0,45 | +0,76 |
|-------|-------|-------|-------|-------|

Futtermverwertung

|       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| -0,29 | -0,30 | -0,64 | +0,47 | +0,15 |
|-------|-------|-------|-------|-------|

Depotgewicht

|       |      |       |      |   |
|-------|------|-------|------|---|
| +0,29 | 0,00 | -0,48 | 0,00 | - |
|-------|------|-------|------|---|

Lebergewicht

|       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| -0,41 | -0,43 | -0,29 | -0,43 | -0,43 |
|-------|-------|-------|-------|-------|

Gesamtgewicht

|       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| -0,14 | +0,26 | +0,28 | +0,24 | +0,48 |
|-------|-------|-------|-------|-------|

Leber-TS

|       |       |       |       |      |
|-------|-------|-------|-------|------|
| +0,60 | +0,19 | -0,17 | -0,29 | 0,00 |
|-------|-------|-------|-------|------|

T a b e l l e 8 (3. Forts.)

Korrelationen zwischen Gesamtfettgehalt und:  
Brsutmuskelfettgehalt

| A                                                                   | B     | C     | D     | E     |
|---------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| +0,36                                                               | -0,31 | +0,39 | -0,43 | +0,36 |
| <u>Skelettmuskelfettgehalt</u>                                      |       |       |       |       |
| +0,10                                                               | +0,22 | +0,18 | +0,11 | +0,74 |
| <u>Körpergewicht</u>                                                |       |       |       |       |
| 0,00                                                                | -0,76 | +0,14 | +0,32 | 0,00  |
| <u>Ausschlachtungsprozent</u>                                       |       |       |       |       |
| +0,19                                                               | -0,10 | -0,18 | -0,34 | +0,36 |
| <u>Depotfettgewicht</u>                                             |       |       |       |       |
| +0,72                                                               | +0,34 | +0,32 | +0,74 | -     |
| <u>Futtermverwertung</u>                                            |       |       |       |       |
| +0,05                                                               | -0,74 | +0,18 | +0,38 | -0,35 |
| <u>TS-Gehalt des Gesamtkörpers</u>                                  |       |       |       |       |
| +0,84                                                               | +0,86 | +0,74 | +0,46 | +0,77 |
| <u>Fettverdaulichkeit</u>                                           |       |       |       |       |
| +0,62                                                               | +0,12 | +0,72 | -0,25 | +0,36 |
| <u>Korrelation zwischen Fettverdaulichkeit und Depotfettgewicht</u> |       |       |       |       |
| 0,64                                                                | 0,00  | 0,00  | -0,28 | -     |

Anmerkung: Sämtliche in dieser Arbeit angegebenen Korrelationen lassen sich mit  $\alpha = 0,10$  sichern, wenn der Wert von  $r = 0,48$  überschritten ist. Die statistische Sicherung wird bei Überschreitung des Wertes  $0,59$  für  $r$  mit  $\alpha = 0,05$  möglich. Ein Signifikanzniveau von  $\alpha = 0,025$  besteht, wenn der Wert  $0,69$  für  $r$  überschritten ist. Beträgt  $r$  mehr als  $0,81$ , so ist eine Sicherung mit mehr als 99 %iger Wahrscheinlichkeit möglich.

Eventuelle Abweichungen sind im Text gesondert angegeben !

T a b e l l e 9

Scheinbare Verdaulichkeit des Fettes

3. Woche

|   | A     | B     | C     | D     | E     |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 93,95 | 94,36 | 97,24 | 96,81 | 96,24 |
| 2 | 96,67 | 96,11 | 96,98 | 96,91 | 97,71 |
| 3 | 96,07 | 95,25 | 97,60 | 96,95 | 97,32 |
| 4 | 97,46 | 94,74 | 97,70 | 97,14 | 97,98 |
| 5 | 96,30 | 96,88 | 96,96 | 97,08 | 97,93 |
| 6 | 97,46 | 96,21 | 97,20 | 97,02 | 98,13 |
| 7 | 93,22 | 97,58 | 97,59 | 97,87 | 98,08 |
| 8 | 97,38 | 95,03 | 97,00 | 97,03 | 97,34 |
| Ø | 96,20 | 96,00 | 97,40 | 97,30 | 97,60 |

6. Woche

|   |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 94,32 | 96,65 | 96,30 | 97,44 | 97,97 |
| 2 | 96,09 | 96,66 | 96,13 | 96,86 | 98,84 |
| 3 | 94,63 | 95,77 | 96,33 | 96,65 | 97,43 |
| 4 | 97,31 | 96,99 | 96,97 | 96,58 | 96,91 |
| 5 | 96,68 | 95,50 | 97,42 | 96,26 | 97,72 |
| 6 | 95,60 | 96,69 | 96,54 | 95,56 | 97,06 |
| 7 | 93,23 | 96,77 | 97,20 | 96,76 | 97,42 |
| 8 | 94,86 | 94,34 | 97,38 | 96,33 | 97,23 |
| Ø | 95,30 | 96,20 | 96,80 | 96,60 | 97,60 |

8. Woche

|   |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 95,36 | 94,53 | 96,13 | 96,05 | 57,05 |
| 2 | 96,94 | 95,46 | 96,84 | 95,37 | 70,83 |
| 3 | 94,94 | 95,21 | 97,44 | 97,49 | 56,11 |
| 4 | 95,48 | 94,78 | 97,54 | 96,66 | 61,63 |
| 5 | 97,48 | 95,87 | 96,93 | 96,59 | 71,86 |
| 6 | 96,31 | 96,01 | 96,97 | 96,09 | 60,05 |
| 7 | 92,24 | 96,92 | 96,58 | 96,82 | 69,11 |
| 8 | 96,93 | 91,90 | 96,81 | 96,74 | 58,79 |
| Ø | 95,50 | 95,20 | 96,80 | 96,47 | 63,20 |

T a b e l l e 10

Zusammensetzung der Körperlipide, Angaben in % des Gesamtfettes (Methylester). Als dimensionsloses Streuungsmaß ist die Standardabweichung in % des arithmetischen Mittels angegeben, bzw. als  $S \pm \%$ .

Schlachtkörper, durchschnittlicher Gehalt an Fettsäuren : %

|        | A    | B    | C    | D    | E    |
|--------|------|------|------|------|------|
| C-8    | 0,4  | 0,4  | -    | -    | -    |
| S %    | -    | -    | -    | -    | -    |
| C-10   | 1,9  | 3,2  | -    | -    | -    |
| S %    | 28,9 | 38,8 | -    | -    | -    |
| C-10:1 | 0,2  | -    | -    | -    | -    |
| C-12   | 35,3 | 44,2 | 0,6  | 0,3  | 0,4  |
| S %    | 17,3 | 5,7  | -    | -    | -    |
| C-12:1 | 0,9  | 0,2  | -    | -    | -    |
| C-14   | 15,6 | 19,6 | 0,6  | 0,4  | 1,0  |
| S %    | 18,3 | 10,3 | -    | -    | -    |
| C-14:1 | 0,9  | 0,4  | -    | -    | 0,3  |
| C-16   | 15,2 | 12,6 | 14,8 | 11,0 | 31,1 |
| S %    | 20,6 | 10,4 | 31,2 | 20,7 | 7,1  |
| C-16:1 | 1,8  | 0,8  | 1,8  | 1,3  | 11,1 |
| S %    | 38,3 | -    | 24,0 | 13,8 | 20,0 |
| C-17   | -    | -    | 0,5  | 0,4  | 0,7  |
| C-18   | 4,7  | 2,7  | 4,8  | 5,6  | 8,9  |
| S %    | 17,9 | 20,4 | 14,8 | 12,3 | 27,6 |
| C-18:1 | 15,9 | 10,6 | 35,0 | 26,1 | 31,7 |
| S %    | 19,6 | 13,8 | 21,4 | 4,6  | 7,8  |
| C-18:2 | 6,5  | 5,1  | 40,5 | 53,9 | 13,4 |
| S %    | 24,0 | 9,7  | 36,2 | 6,9  | 11,3 |
| C-18:3 | 0,2  | 0,1  | 1,0  | 0,6  | 0,7  |
| C-20   | -    | -    | 0,6  | 0,1  | 0,4  |
| C-20:4 | 0,2  | 0,1  | 0,2  | -    | 0,1  |

(1.Forts. s.S. 121)

T a b e l l e 10 (1.Forts.)

Depotfett, durchschnittlicher Gehalt an Fettsäuren

|        | A    | B    | C    | D    | E |
|--------|------|------|------|------|---|
| C-8    | 0,2  | 0,4  | -    | -    |   |
| C-10   | 1,9  | 2,8  | -    | -    |   |
| S %    | 25,3 | 47,5 |      |      |   |
| C-12   | 37,2 | 49,3 | 0,1  | 0,4  |   |
| S %    | 11,8 | 9,7  |      |      |   |
| C-14   | 17,6 | 20,2 | 0,3  | 0,5  |   |
| S %    | 11,8 | 18,6 |      |      |   |
| C-14:1 | 0,8  | 0,4  |      |      |   |
| C-16   | 15,6 | 11,1 | 9,7  | 9,0  |   |
| S %    | 14,6 | 15,8 | 19,1 | 21,0 |   |
| C-16:1 | 1,4  | 0,9  | 1,3  | 0,9  |   |
| S %    | 49,3 |      | 33,8 |      |   |
| C-17   |      |      | 0,2  | 0,2  |   |
| C-18   | 4,2  | 2,2  | 2,4  | 4,6  |   |
| C-18:1 | 14,6 | 8,7  | 27,6 | 25,6 |   |
| S %    | 18,4 | 18,2 | 3,1  | 7,0  |   |
| C-18:2 | 6,3  | 4,0  | 56,7 | 58,1 |   |
| S %    | 31,3 | 23,8 | 6,7  | 2,1  |   |
| C-18:3 | 1,5  |      | 1,5  | 0,8  |   |

Brustmuskelfett, durchschnittlicher Gehalt an Fettsäuren

|        |      |      |      |      |      |
|--------|------|------|------|------|------|
| C-10   | 1,1  | 0,6  |      |      |      |
| C-12   | 27,9 | 24,2 | 0,4  | 0,4  | 0,1  |
| S %    | 20,4 | 16,4 |      |      |      |
| C-14   | 11,0 | 12,1 | 1,0  | 1,1  | 0,6  |
| S %    | 17,7 | 16,4 |      |      |      |
| C-14:1 | 1,5  | 1,2  | -    | 0,5  | 1,4  |
| C-15   | 0,8  | 0,5  | 0,2  | 0,3  | -    |
| C-16   | 17,9 | 21,9 | 20,5 | 18,1 | 28,1 |

T a b e l l e 10 (2. Forts.)

Brustmuskelfett, durchschnittlicher Gehalt an Fettsäuren

|        | A    | B    | C    | D    | E    |
|--------|------|------|------|------|------|
| S %    | 11,2 | 10,5 | 30,5 | 10,5 | 4,2  |
| C-16:1 | 1,6  | 1,8  | 1,6  | 1,9  | 7,1  |
| S %    | 50,0 | 50,5 | 60,6 | 28,9 | 26,8 |
| C-17   | 0,4  | 0,4  | 0,1  | 0,4  | 0,5  |

Zusammensetzung des Brustmuskelfettes (3. Forts.)

|        |      |      |      |      |      |
|--------|------|------|------|------|------|
| C-17:1 | 0,5  | 0,1  | 0,2  | 0,5  | 0,6  |
| C-18   | 5,6  | 4,9  | 7,9  | 12,0 | 12,1 |
| S %    | 21,8 | 40,8 | 48,9 | 10,0 | 13,6 |
| C-18:1 | 13,4 | 14,4 | 21,5 | 18,2 | 26,4 |
| S %    | 17,5 | 25,3 | 14,5 | 6,8  | 15,6 |
| C-18:2 | 12,6 | 14,9 | 41,9 | 36,9 | 17,5 |
| S %    | 23,2 | 12,9 | 22,9 | 9,0  | 10,8 |
| C-18:3 | 0,1  | -    | 0,5  | 0,3  | 0,4  |
| C-20:3 | 0,3  | 0,1  | 0,3  | 0,3  | 0,2  |
| C-20:4 | 5,1  | 2,7  | 3,8  | 8,4  | 4,9  |
| S %    | 38,2 | 60,4 | 62,6 | 13,0 | 27,6 |

Die Werte für die Fettsäuren, länger als C-20:4, bzw. die mit größeren Elutionsvolumina sind nicht wiedergegeben.

(4.Forts.)

Zusammensetzung des Fettes aus der Muskelgruppe des Tibiotarsus

|        |      |      |      |      |      |
|--------|------|------|------|------|------|
| C-10   | 1,1  | 1,1  | 0,8  | 0,9  | 0,5  |
| C-12   | 33,1 | 40,9 | 0,8  | 0,9  | 0,5  |
| S %    | 7,6  | 16,9 |      |      |      |
| C-12:1 |      | 0,7  |      |      | 0,3  |
| C-14   | 11,0 | 14,9 | 0,9  | 0,5  | 0,5  |
| S %    | 15,4 | 13,2 |      |      |      |
| C-14:1 | 1,6  | 0,8  |      |      | 0,1  |
| C-16   | 14,8 | 14,4 | 10,9 | 10,6 | 25,9 |

(5.Forts. s.S.123)

T a b e l l e 10 (5.Forts.)

Zusammensetzung des Fettes aus der Muskelgruppe des Tibiotarsus

|        | A    | B    | C    | D    | E    |
|--------|------|------|------|------|------|
| S %    | 10,8 | 21,6 | 20,8 | 22,7 | 3,1  |
| C-16:1 | 1,9  | 1,6  | 1,9  | 1,8  | 8,7  |
| S %    | 30,9 | 71,2 | 25,6 | 23,3 | 18,9 |
| C-17   | 0,3  | 0,1  | 0,3  | 0,2  | 0,3  |
| C-17:1 | 0,3  | -    | 0,2  | 0,1  | 0,2  |
| C-18   | 7,7  | 4,4  | 6,8  | 6,8  | 12,8 |
| S %    | 31,9 | 19,5 | 20,3 | 19,5 | 19,0 |
| C-18:1 | 13,9 | 10,6 | 22,5 | 23,2 | 31,6 |
| S %    | 19,2 | 20,3 | 19,0 | 20,0 | 8,5  |
| C-18:2 | 9,5  | 8,5  | 50,6 | 52,4 | 14,9 |
| S %    | 5,1  | 22,9 | 6,8  | 4,2  | 6,4  |
| C-18:3 | 0,4  | 0,1  | 0,7  | 0,8  | 0,5  |
| C-20:3 | 0,2  | 0,1  | 0,1  | 0,1  | 0,1  |
| C-20:4 | 3,6  | 1,8  | 2,3  | 2,1  | 3,2  |
| S %    | 55,6 | 75,6 | 60,3 | 77,6 | 19,7 |

(Fortsetzung 6)

Zusammensetzung des Leberfettes

|        |      |      |      |      |      |
|--------|------|------|------|------|------|
| C-8    | 0,1  |      |      |      |      |
| C-10   | 0,3  | 0,5  |      |      |      |
| C-12   | 7,3  | 6,5  | 0,1  | 0,3  | 0,2  |
| S %    | 23,7 | 44,8 |      |      |      |
| C-14   | 4,1  | 4,7  | 0,2  | 0,2  | 0,2  |
| S %    | 20,2 | 25,5 |      |      |      |
| C-14:1 | 0,3  | 0,3  |      |      |      |
| C-15   | 0,3  | 0,1  |      |      |      |
| C-16   | 20,3 | 20,9 | 15,3 | 13,7 | 22,5 |
| S %    | 7,0  | 10,0 | 18,3 | 13,0 | 8,53 |
| C-16:1 | 1,5  | 1,0  | 1,6  | 0,7  | 3,3  |

(7.Forts. s.S. 124)

T a b e l l e 10 (7. Forts.)

Zusammensetzung des Leberfettes

|        | A    | B    | C    | D    | E    |
|--------|------|------|------|------|------|
| S %    | 34,0 | 36,0 | 47,5 | 67,1 | 9,1  |
| C-17   | 0,3  | 0,1  | 0,4  | 0,3  | 0,2  |
| C-17:1 | 0,2  | 0,1  | 0,2  | 0,1  | 0,1  |
| C-18   | 22,8 | 21,5 | 19,7 | 23,5 | 24,3 |
| S %    | 10,5 | 5,5  | 17,2 | 8,8  | 8,4  |
| C-18:1 | 13,7 | 10,7 | 14,9 | 10,1 | 16,3 |
| S %    | 11,7 | 19,4 | 18,1 | 18,8 | 9,9  |
| C-18:2 | 15,6 | 18,2 | 35,0 | 32,1 | 15,3 |
| S %    | 9,6  | 12,6 | 6,7  | 8,0  | 14,1 |
| C-18:3 | 0,5  | 0,4  | 0,3  | 0,4  | 0,5  |
| C-20:3 | 0,9  | 0,9  | 0,2  | 0,5  | 1,9  |
| C-20:4 | 11,8 | 13,3 | 11,8 | 17,7 | 15,0 |
| S %    | 16,9 | 26,3 | 17,7 | 13,2 | 13,8 |

Die Fettsäuren mit größeren Elutionsvolumina als C-20:4 sind nicht aufgeführt. Die Angaben für C-18:3 beinhalten die Gehalte an C-20:1, ebenso sind die Fettsäuren C-20:3 und C-22 gemeinsam aufgeführt.

-----

T a b e l l e 11

Korrelationen zwischen den einzelnen Fettsäuren (Gesamtkörper)

| Fetts.        | A     | B     | C     | D     | E     |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 12/14         | -0,42 | +0,10 | -     | -     | -     |
| 10/12         | +0,14 | -0,21 | -     | -     | -     |
| 14/16         | +0,81 | +0,83 | -     | -     | -     |
| 16/18         | 0,00  | -0,41 | +0,66 | 0,00  | -0,62 |
| 16/16:1       | 0,00  | +0,41 | +0,32 | +0,44 | +0,14 |
| 18/18:1       | +0,32 | +0,63 | +0,72 | -0,64 | +0,40 |
| 18:1/<br>18:2 | +0,32 | +0,71 | -0,95 | -0,91 | -0,37 |

Depotfett

|               |       |       |       |       |   |
|---------------|-------|-------|-------|-------|---|
| 12/14         | +0,10 | -0,45 | -     | -     | - |
| 10/12         | +0,17 | 0,00  | -     | -     | - |
| 14/16         | -0,14 | -0,19 | -     | -     | - |
| 16/18         | +0,36 | +0,68 | +0,32 | +0,40 | - |
| 16/16:1       | +0,41 | +0,28 | +0,43 | +0,44 | - |
| 18/18:1       | +0,68 | +0,97 | +0,54 | -0,56 | - |
| 18:1/<br>18:2 | +0,61 | +0,69 | -0,61 | -0,44 | - |
| 16:1/<br>18:1 | +0,53 | +0,79 | -     | +0,40 | - |

Skelettmuskelfett

|               |       |       |       |       |       |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 12/14         | +0,46 | +0,45 | +0,61 | +0,81 | +0,61 |
| 14/16         | -0,14 | -0,39 | -     | -     | -     |
| 16/18         | +0,89 | +0,54 | +0,22 | +0,46 | +0,70 |
| 18/18:1       | -0,32 | +0,14 | -0,96 | -0,98 | -0,71 |
| 18:1/<br>18:2 | -0,39 | +0,68 | 0,00  | 0,00  | -0,17 |
| 18:0/<br>20:4 | +0,46 | +0,49 | +0,60 | +0,62 | +0,79 |
| 18:2/<br>20:4 | +0,46 | +0,17 | -     | -     | -     |

T a b e l l e 11 (1.Forts.)

Brustmuskelfett

|               | A     | B     | C     | D     | E     |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 12/14         | +0,79 | +0,69 | -     | -     | -     |
| 14/16         | -0,67 | +0,43 | -     | -     | -     |
| 16/18         | +0,10 | +0,14 | 0,00  | +0,86 | +0,10 |
| 18/18:1       | +0,69 | -0,21 | +0,61 | 0,00  | -0,10 |
| 18:1/<br>18:2 | +0,55 | 0,00  | -0,84 | +0,39 | 0,00  |
| 18:2/<br>20:4 | +0,71 | +0,45 | +0,36 | 0,00  | +0,32 |
| 18/20:4       | 0,00  | +0,41 | +0,14 | -0,14 | +0,13 |

Korrelation zwischen den einzelnen Fettsäuren des Leberfettes

| Fetts.        | A     | B     | C     | D     | E     |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| C 12/14       | +0,23 | +0,76 | -     | -     | -     |
| 14/16         | 0,69  | -0,14 | -     | -     | -     |
| 16/18         | 0,00  | 0,00  | -0,28 | +0,74 | 0,00  |
| 18/18:1       | -0,65 | 0,00  | -0,71 | -0,74 | -0,38 |
| 18:1/<br>18:2 | 0,00  | +0,10 | +0,35 | +0,38 | +0,12 |
| 18:2/<br>20:4 | +0,10 | +0,23 | -0,32 | -0,68 | -0,55 |
| 18/20:4       | +0,33 | -0,30 | +0,68 | +0,10 | +0,68 |

T a b e l l e 12

Korrelationen zwischen Fettgehalt und einzelnen Fettsäuren

Gesamtfettgehalt (Körper)

| Fetts. | A     | B     | C     | D     | E     |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| C 10   | -0,50 | -0,38 | -     | -     | -     |
| 12     | +0,36 | +0,54 | -     | -     | -     |
| 14     | +0,34 | -0,41 | -     | -     | -     |
| 16     | +0,68 | -0,27 | -0,27 | -0,28 | +0,50 |
| 18     | -0,93 | 0,00  | -0,14 | -0,79 | -0,76 |
| 18:1   | -0,15 | +0,48 | -0,29 | +0,68 | -0,15 |
| 18:2   | -0,16 | 0,00  | +0,36 | -0,10 | +0,24 |

Korrelationen zwischen Leberfettgehalt und C-16

| Fetts. | A     | B     | C     | D     | E     |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| C-16   | +0,41 | +0,22 | +0,43 | +0,91 | +0,10 |

Korrelationen zwischen Wassergehalt des Kotes und der Ausscheidung einzelner Fettsäuren

| Fetts. | A | B | C | D | E |
|--------|---|---|---|---|---|
|--------|---|---|---|---|---|

Angaben für die 3. Lebenswoche

|          |       |       |   |   |   |
|----------|-------|-------|---|---|---|
| C 10 u./ |       |       |   |   |   |
| 8        | +0,53 | -0,19 | - | - | - |
| 12       | +0,81 | -0,16 | - | - | - |
| 14       | +0,44 | -0,10 | - | - | - |

6. Lebenswoche

|      |       |       |   |   |   |
|------|-------|-------|---|---|---|
| 8+10 | 0,00  | +0,49 | - | - | - |
| 12   | 0,00  | +0,34 | - | - | - |
| 14   | -0,40 | -0,31 | - | - | - |

8. Lebenswoche

|      |       |       |   |   |   |
|------|-------|-------|---|---|---|
| 8+10 | +0,46 | -0,12 | - | - | - |
|------|-------|-------|---|---|---|

T a b e l l e 12 (1.Forts.)

| Fetts. | A     | B     | C | D | E |
|--------|-------|-------|---|---|---|
| 12     | +0,10 | -0,50 | - | - | - |
| 14     | +0,10 | -0,35 | - | - | - |

3. Woche

Korrelationen zwischen Fettausscheidung und einzelnen Fettsäuren

| Fetts.       | A     | B     | C | D | E |
|--------------|-------|-------|---|---|---|
| C 8u./<br>10 | -0,30 | -0,32 | - | - | - |
| 12           | -0,31 | +0,79 | - | - | - |
| 14           | -0,43 | -0,82 | - | - | - |

6. woche

|             |       |       |   |   |   |
|-------------|-------|-------|---|---|---|
| 8 u./<br>10 | 0,00  | -0,20 | - | - | - |
| 12          | +0,55 | +0,27 | - | - | - |
| 14          | -0,28 | -0,31 | - | - | - |

8. Woche

|             |       |       |   |   |   |
|-------------|-------|-------|---|---|---|
| 8 u./<br>10 | +0,26 | +0,28 | - | - | - |
| 12          | +0,36 | 0,00  | - | - | - |
| 14          | +0,71 | +0,44 | - | - | - |

---

Meinem verehrten Lehrer, Herrn Professor  
Dr. B r u n e, bin ich für die freundliche,  
fachliche und persönliche Unterstützung sowie  
die Aufnahme in den Kreis seines Institutes  
zu Dank verpflichtet.

Allen Institutsangehörigen sage ich an dieser  
Stelle Dank für die Mitarbeit bei den Unter-  
suchungen, besonders Frl. M. D i c k l e r  
für die Anfertigung der Darstellungen.

Während dieser Promotionsarbeit wurde ich  
dankenswerterweise von der Stiftung Volks-  
wagenwerk unterstützt.

## L e b e n s l a u f

- 22.2.1943 geboren in Königsberg/Ostpr.
- 1949-1953 Besuch der Volksschule in Gadderbaum bei Bielefeld.
- 1953-1962 Besuch des Helmholtz-Gymnasiums in Bielefeld;  
Abitur.
- Frühjahr 1962 bis Herbst 1963 Landwirtschaftl. Elevenzeit bei Herrn Dr. W. von Dallwitz, Gut Eckendorf, Krs. Lemgo/Lippe;  
Gehilfenprüfung.
- 1963-1965 Studium der Landwirtschaft an der Universität Göttingen, Famulantenzeit am Institut für Tierernährung, Göttingen.
- 1965-1967 Studium der Landwirtschaft und Veterinärmedizin in Giessen, Famulantenzeit am Institut für Tierernährung Giessen, sowie an der Bayerischen Landesanstalt für Tierzucht in Grub.
- Herbst 1967 Landwirtschaftl. Diplomprüfung.
- Ab Wintersem. 1967 als Doktorand am Institut für Tierernährung in Giessen tätig.









